IDEI CONTEMPORANE
PAŞI PESTE
GRANIŢE
• ^
EDITURA POLITICA
WERNER HEISENBERG

IDEI
CONTEMPORANE
WERNER HEISENBERG
PAŞI PESTE GRANIŢE
CULEGERE DE DISCURSURI ŞI ARTICOLE
Studiu introductiv şi traducere : ILIE PARVU
1977
EDITURA POLITICA
BUCUREŞTI
Coperta de : VALENTINA BOROŞ
WERNER HEISENBERG
SCHRITTE UBER GRENZEN Gesammelte Reden und Aufsătze
C. R. PIPER & Co. Verlag. Munchen, 1971
PERMANENŢE TEMATICE IN GÎNDIREA FILOZOFICA A LUI WERNER HEISENBERG
Cartea lui Werner Heisenberg „Paşi peste graniţe" ne permite mai bine decît toate celelalte lucrări filozofice ale sale să urmărim temele fundamentale ale gîndirii lui ştiinţifice şi filozofice în evoluţia lor de-a lungul a peste cinci decenii. Reunirea tuturor acestor studii, conferinţe, articole şi amintiri într-un volum special corespunde intenţiei autorului de a înlesni sesizarea acelei noi „modalităţi de gîn- dire", unitară în presupoziţiile ei fundamentale: pe care a impus-o evoluţia fizicii atomice în secolul nostru. La această revoluţionare a gîndirii ştiinţifice, realizată de fizică în prima jumătate a secolului al XX-lea, W. Heisenberg a participat în mod decisiv, el iniţiind una dintre etapele ei care au adus cele mai profunde modificări în „stilul de qîndire" al ştiinţei contemporane, şi anume crearea mecanicii cuantice. După

cum se exprima C.F. von Weizsăcker într-un articol scris în memoria lui Heisenbergt „prin transformarea operată în planul gîndirii" fizica elaborată în prima treime a secolului nostru „s-a înscris în cadrul istoriei universale" ; iar contribuţia lui Heisenberg la această transformare poate fi comparată numai cu aceea a lui Einstein sau a lui Bohr.
In textele reunite în această culegere, deşi fizica atomică deţine permanent locul principal, apar mereu probleme filozofice, politice, etice sau de filozofia culturii şi artei. Aceasta arată cît se poate de clar faptul că ştiinţele naturii — în concepţia lui Heisenberg — nu se pot separa astăzi de problemele generale ale societăţii. Angajarea socială a omului de ştiinţă, în condiţiile implicaţiilor profunde pentru viitorul lumii pe care le are ştiinţa în epoca actuală, răspunderea sa morală, necesitatea înscrierii activităţii de cercetare ştiinţifică în contextul larg al problemelor filozofice şi social-politice, toate acestea pot fi observate în activitatea lui Heisenberg. Un al doilea merit al acestei cărţi constă astfel în dezvăluirea profilului complex, social, moral şi filozofic al savantului atomist, a strădaniei sale de a corela permanent problemele fizicii cu cele izvorîte din alte domenii ale culturii — filozofia, arta, religia — şi cu marile» probleme ale istoriei contemporane.
„Paşi peste graniţe" constituie un document de prima însemnătate pentru înţelegerea şi interpretarea operei ştiinţifice şi filozofice a unuia dintre cei mai mari savanţi ai epocii contemporane. Ea se înscrie cu specificul său în seria remarcabilă de opere teoretico-filozofice ale lui W. Heisenberg relidnd într-o formă concisă şi într-o expunere adesea mai simplă dinamica gîndirii sale, cristalizată progresiv în celelalte lucrări metodologice şi filozofice.
Născut la 5 decembrie 1901 în Wiirzburg, Heisenberg a studiat fizica la Universităţile din Miinchen şi Gdttingen, avîndu-i ca profesori pe Sommerfeld, Wien, Born, Frank şi Hilbert. In iarna 1924—1925 a studiat la Institutul de fizică din Copenhaga, condus de Niels Bohr. In

1 Principiile fizice ale teoriei cuantice, Leipzig, 1930 ; Transformări în fundamentele ştiinţelor naturii, Leipzig, 1935 ; Imaginea naturii în fizica actuală, Hamburg, 1955 ;

Fizică şi filozofie, Frankfurt a.M., 1959 ; Partea şi întregul, Miinchen, 1969. (Die physikalischen Prinzi- pien der Quantentheorie, Leipzig, 1930 ; Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Leipzig, 1935 ; Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg, 1955 ; Physik und Philosophie, Frankfurt a.M., 1959 ; Der Teii und das Ganze, Miinchen, 1969).

1927 a devenit profesor de fizică teoretică la Universitatea din Leipzig, iar din 1941 la Universitatea din Berlin. Din 1946 a condus Institutul de fizică „Max Planck". De la reînfiinţarea Fundaţiei „Aleooartlfier von Humboldtîn 1953, Heisenberg a fost preşedintele ei. Pentru meritele sale remarcabile în dezvoltarea ştiinţei contemporane a fost ales membru a numeroase aca-demii din întreaga lume, printre care Deutsche Akademie der Wissenschaften (Leopoldina), Academia Naţionale dei Lincei — Roma, Royal Society — Londra, Academia R. S. România, Academiile de ştiinţă din Suedia, Spania, Bava- ria ş. a. A murit la Miinchen, la 1 februarie 1976.

Werner Heisenberg a fost unul dintre savanţii cei mai creatori şi mai influenţi din fizica teoretică contemporana. Dotat cu o rară putere de abstracţie şi o strălucită imaginaţie el a marcat prin operele sale toate etapele importante ale evoluţiei fizicii începînd cu deceniul al treilea al secolului nostru. împreuna cu Max Bom şi Pascual Jordan a creat mecanica cuantică în forma ei matricială; a formulat celebrele „relaţii de imprecizie"; a clarificat împreuna cu Niels Bohr sensul fizic al teoriei cuantice. Toate acestea l-au consacrat ca principalul fondator al mecanicii cuantice, fiind distins cu Premiul Nobel pentru fizică în anul 1932. în domeniul teoriei nucleului atomic Heisenberg a propus ipoteza alcătuirii nucleului atomic din protoni şi neutroni. începînd cu deceniul al 6-lea a elaborat, parţial în colaborare cu Wolfgang Pauli, teoria unitară a particulelor elementare, cel mai îndrăzneţ şi fructuos model teoretic — pînă în prezent — al structurii şi proceselor ce se desfăşoară la nivelul particulelor fundamentale.

Interpretarea dată de Heisenberg teoriei cuantice, al cărei punct central l-a constituit formularea „relaţiilor de imprecizie", a reprezentat inaugurarea unui nou mod de a gîndi în fizică, deosebit de cel clasic, specific mecanicii newtoniene. Această modalitate de gîndire implică noi elemente metodologice (privind rolul condiţiilor de observare şi experimentare în cunoaşterea fizică, al interacţiunii obiectului cu aparatul de măsură), epistemologice (privind raportul dintre formalismul matematic al teoriei şi interpretarea ei fizică), ontologice (conceperea mai abstractă, ne intuitivă a realităţii fizice, înţelegerea complexă a determinismului proceselor cuantice). Această interpretare nu s-Q impus fără a întîmpina rezistenţe deosebite din partea unor fizicieni şi filozofi fideli reprezentărilor şi idealului clasic al ştiinţei fizice. Astfel. A. Einstein, E. Schrodinger şi L. de Broglie, deşi au contribuit esenţial la geneza fizicii cuantice nu au acceptat noua concepere a realităţii fizice, interpretarea probabilistă a mecanicii cuantice, modificarea sensului clasic al legii cauzalităţii propuse de Heinsenberg. Evoluţia modernă a fizicii, ca şi propriile sale realizări ştiinţifice au fost gîndite întotdeauna de Heisenberg într-o perspectivă mai generală} filozofică. El a contribuit esenţial la elaborarea principiilor metodologice ale noii ştiinţe, la înţelegerea particularităţilor ei gnoseologice, a structurii si dinamicii interne a teoriilor, la si- » * tuarea cuceririlor ştiinţei în contextul mai larg al valorilor civilizaţiei si culturii umane.
* »
în gindirea filozofică a lui Heisenberg s-au profilat cîteva teme şi motive majore, probleme de meditaţie neîntreruptă care au conferit operei sale o adincă unitate şi consistenţă internă. Raportul dintre fizică şi filozofie, rolul ştiinţei în viaţa socială, unitatea formelor culturii, filozofia grecească — rădăcină a ştiinţei şi culturii europene, unitatea ştiinţei şi unitatea naturii, sau — la un nivel mai special — noutatea metodologică a ştiinţei moderne, raportul fizică-mate- matică-experienţă, problema realităţii şi a determinismului în fizica actuală, structura şi funcţiile

cognitive ale limbajului ştiinţific, logica teoriilor ştiinţifice, dinamica teoriilor şi progresul cunoaşterii, rolul idealizării şi abstracţiei în cunoaşterea ştiinţifică, semnificaţia operaţională a conceptelor ştiinţifice, elementa- ritatea m siiinta actuală, toate acestea sînt nu- mai cîteva dintre permanenţele reflecţiei filozofice a lui Heisenberg. Cu o intuiţie profundă şi o mare putere de abstracţie Heisenberg a descoperit probleme filozofice noi şi le-a discutat. Analiza metodologică şi logică a fizicii nu este viciată in opera sa de respingerea presupoziţiilor „metafizice" ale ştiinţei, de restricţiile şi unilateralitatea pozitivismului. Dimpotrivă, analizele sale ştiinţifice care vizau marile probleme conccptuale şi metodologice în mod inevitabil „depăşeau graniţeleIn opera sa şi-au găsit o sinteză fericită fizica şi filozofia, chiar dacă concluziile filozofice la care ajunge Heinsenberg sînt uneori amendabile, fiind determinate nu numai de reflecţia metodologică asupra noii experienţe din fizica cuantică, ci şi de anumite opţiuni filozofice mai generale.
înainte de a discuta cîteva dintre contribuţiile lui Heisenberg la elaborarea filozofiei actuale a ştiinţei trebuie să amintim faptul că marele fizician nu s-a identificat cu o şcoală filozofică specială, cu un anumit curent din filozofia burgheză actuală. Interpretarea pe care Heisenberg şi Bohr au dat-o mecanicii cuantice, cunoscută sub numele de „Şcoala de La Copenhaga", nu poate fi redusă la perspectivele unilaterale asupra ştiinţei proprii pozitivismului logic, operaţionismului sau convenţionalismului, cu care a fost asociată uneori. Complexitatea şi noutatea abordării problemelor filozofice ale ştiinţei în gîndirea lui Heisenberg nu poate fi înţeleasă plecînd de la unul dintre aceste sisteme de gîndire subiectiviste, care absolutizează anumite elemente particulare ale procesului cunoaşterii ştiinţifice. Cu toate acestea, unii dintre interpreţii lui l-au asimilat fie pozitivismului logic, fie platonismului matematist; s-au formulat, de asemeneaf şi interpretări fenomenologice 2, raţionalist-dialectice sau chiar neoto- miste ale ideilor sale. Important este însă, în primul rînd — aşa cum

argumentează şi H. H'orz, un cunoscut exeget marxist din Republica Democrată Germană al filozofiei sale 3 — să se înţeleagă modul de punere a problemelor în cadrul concepţiei lui Heisenberg, izvorît din dificultăţi teoretice şi conceptuale care au condus inevitabil la întrebări filozofice; iar, în al doilea rînd, să se elaboreze această problematică complexă într-o filozofie explicită, de pe poziţiile materialismului dialectic. O asemenea modalitate de analiză a ideilor filozofice ale lui Heisenberg ne va oferi rezultate mult mai importante : ea ne va pune în faţa unor probleme veritabile şi semnificative, demne de meditaţie adîncă şi de elaborări constructive.

Heisenberg a apelat la diverse orientări sau momente din istoria filozofiei pentru a se ajuta cu intuiţiile lor în înţelegerea corectă a mutaţiilor care se petreceau în ştiinţa sa, pentru a interpreta rezultatele şi rolul gîndirii teoretice în noile domenii ale fizicii. In construcţiile sale Heisenberg se sprijină pe unele concepte sau idei ale unor filozofi din trecut sau de astăzi fără să ofere o apreciere completă a concepţiei lor şi fără a se identifica total cu ei. Adresîn- du-se marilor filozofi ai trecutului sau ai prezentului (şi mai puţin sistemelor filozofice care au pretenţia de a rezolva nedialectic, axiomatic toate problemele concepţiei despre lume, ple- cînd de la un număr infim de pretinse adevăruri absolute, sisteme a căror manieră de gîn- dire i se părea străină caracterului deschis şi perfectibil al cunoaşterii fizice moderne), Heisenberg caută răspunsuri la marile probleme care apar în cercetarea teoretică. De aici derivă

f P. A. Heelan, Quantum Mechanics and Objecti- vity. A Study of the Physical Philosophy of Wemer Heisenberg, Den Haag, 1065.

8 H. HcJrz, Wemer Heisenberg und die Philosophie, Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1966.

un mod special de a se raporta la concepţiile filozofilor : el va reţine din opera acestora doar aspectele relevante pentru problemele respective (p. 23—24)*, pe care le va comenta „din punctul de vedere adoptat de ştiinţa actuală Din acest dialog al lui Heisenberg cu filozofia se cuvine ca urmare să desprindem, pe lingă ideile şi tezele sale

explicite, şi problemele adinei care au provocat această reflecţie, temele permanente ale meditaţiei sale.
In această perspectivă un loc aparte trebuie să ocupe cercetarea concepţiei sale asupra realităţii fizice şi, în acest context, dezvăluirea sen-sului „platonismului" lui Heisenberg. Spre problema realităţii şi spre aceea, corelată cu ea, a relaţiei subiect-obiect convergt aşa cum accentua Heisenberg, toate marile probleme metodologice ale teoriei cuantice : problema determinismului, a raportului dintre descrierea cauzală şi cea spaţio-temporală, problema consistenţei şi completitudinii teoriei cuantice, a sensului şi a temeiului probabilităţii cuantice ş.a. După cum arăta şi Niels Bohr , la nivelul problemei realităţii, a raportului obiect-subiect se localizează „ruptura" dintre abordarea cuantică şi cea clasică din fizică.
Evoluţia ideilor lui Heisenberg pe tema realităţii fizice ne dezvăluie pregnant tocmai un anume mod de a pune problemele, comun lui Bohr şi Heisenberg, ţinînd de acel „spirit de la Copenhaga": abordarea temei realităţii se înscrie într-o perspectivă epistemologică. Întrebările pe care şi le pune Heisenberg converg în mod esenţial asupra condiţiilor cunoaşterii din fizica moderna, asupra modului de a ajunge în cadrul ei la formularea propoziţiilor despre realitate. El încearcă să găsească o soluţie la problemele epistemologice privind relaţia dintre abstracţiile ştiinţifice şi realitate, dintre matematică şi experienţă. Esenţialul „interpretării de la Copenhaga" a teoriei cuantice — opera comună a lui Bohr şi Heisenberg — îl reprezintă în acest sens respingerea concep ţiei clasice asupra corespondenţei directe, univoce dintre teorie şi realitate, asupra înţelegerii contemplativiste a obiectului cunoaşterii — ca un dat preexistent, constituit anterior şi independent de relaţia cu subiectul, de interacţiunea experimentală a omului cu realitatea. Pe plan ontologic Bohr şi Heisenberg cereau depăşirea concepţiei mecaniciste asupra substanţei ca punct de plecare în înţelegerea realităţii fizice şi căutarea unei noi modalităţi de abordare, a unei noi reprezentări asupra existenţei fizice. „Reprezentarea realităţii care stă

la baza mecanicii newtoniene — scrie Heisenberg — era prea îngustă şi ea trebuia înlocuită prin ceva mai general" . De la dezacordul iniţial cu concepţia clasică, căreia îi asociază greşit şi ideile materialismului dialectic despre materie formulate în secolul al XlX-lea, neînsoţit însă de soluţii constructive pentru rezolvarea problemei filozofice reale, gîndirea lui Heisenberg a evoluat permanent spre formularea unor răspunsuri pozitive, pe fondul limpezirii treptate a însăşi problemei de cercetat. Incepînd cu Physics and Philosophy (1957), Heisenberg se întreabă clar: cum ajungem noi la afirmaţiile asupra realităţii ? Spre deosebire de „realismul metafizic" al filozofiilor empiriste anterioare, Heisenberg este preocupat de justificarea epistemologică a propoziţiilor noastre despre realitate, de întemeierea obiectivităţii lor. Schema conceptuală a fizicii clasice şi „ontologia materialismuluiderivată din ea, reprezentau — consideră Heisenberg — cadre prea înguste pentru înţelegerea construcţiei cunoaşterii în ştiinţa modernă, a raportului dintre structurile teoretice şi existenţă. Noul concept de „realitate potenţială" introdus de Heisenberg şi ideile sale cu privire la trecerea de la posibil la real, de la potenţial la factic, constituie, pe de o parte (în plan ontologic), expresia unei genera-lizări a ideii de realitate obiectivă — în sensul eliberării ei de determinările clasice şi de cerinţa intuitivităţii —, Iar pe de altă parte (în plan gnoseologic), o încercare de a răspunde la problema obiectivării, a atribuirii de semnificaţie fizică elementelor sistemului teoretic. Dupu cum se ştie, în fizica atomică obiectivarea cunoaşterii ştiinţifice, respectiv procesul de trecere în cunoaştere de la condiţiile specifice ale cercetării experimentale a sistemului fizic la condiţiile obiective ale existenţei lui în afara experimentului, nu mai reprezintă un proces simplu de extindere nemijlocită asupra obiectelor cercetării a unor atribute si relaţii scoase
» *
din experienţa macroscopică, ea punînd în evidenţă în mod fundamental rolul activ al subiectului în acest proces, rol legat în special de condiţiile de interacţiune a aparatelor

de măsură cu micro obiect ele. La întrebarea „cum ajungem noi la o descriere obiectivă a lumii şi, în particular, a lumii atomice" — arată Heisenberg — nu mai putem să dăm astăzi un răspuns plecînd de la credinţa caracteristică ştiinţei clasice, credinţă care întemeia ideea generală a acesteia despre obiectivarea cunoaşterii, că „am putea să descriem lumea, în întregime sau parţial, fără a interveni deloc noi înşine asupra ei" : o asemenea idealizare a întemeiat fizica clasică şi a condus la ridicarea criteriului ei de obiectivitate la rangul de prim criteriu al valorii ştiinţifice a unei teorii. Deşi mecanica cuantică părăseşte această idealizare şi acest „criteriu de realitate" 7, introducînd esenţial inter-acţiunea obiect-subiect in procesul obiectivării, totuşi ea „nu comportă caracteristici cu adevărat subiective, întrucît nu introduce spiritul fizicianului ca parte a fenomenului atomic" 8, în ciuda faptului că „tranziţia de la «posibil» la «real» are loc în timpul actului de observaţie"9. Aceasta e o consecinţă — spune Heisenberg — a modului în care are loc în teoria cuantică interpretarea teoretică a experienţei, interpretare care comportă următoarele stadii: a) descrierea condiţiilor experienţei combinate cu o observaţie iniţială în termenii fizicii clasice; în continuare se traduce această descriere în termenii funcţiei de probabilitate ; b) urmărirea evoluţiei în timp a acestei funcţii; c) enunţarea noii măsurători asupra sistemului pe care o vom face şi al cărei rezultat se poate calcula plecînd de la funcţia de probabilitate. „Funcţia de probabilitate — scrie Heisenberg — combină elemente obiective cu elemente subiective : ea conţine enunţuri asupra posibilităţilor sau asupra tendinţelor cele mai probabile (potentia, în filozofia lui Aristotel), şi aceste enunţuri sînt complet obiective nedepinzînd în nici un fel de observator; ea conţine şi enunţuri asupra a ceea ce noi nu ştim despre sistem, care în mod natural sînt subiective, în măsura în care pot să difere de la un observator la altul. In cazurile ideale, elementul subiectiv al funcţiei de probabilitate poate fi practic neglijabil în comparaţie cu elementul obiectiv; fizicianul declară atunci că avem un «caz pur»((10. După Heisenberg, mecanismul de

experimentare şi rezultatul procesului de experimentare se pot exprima în termeni clasici, dar ceea ce se deduce dintr-o observaţie este o funcţie de proba-

7 N. Bohr, op. cit., p. 80.
8 W. Heisenberg, op. cit., p. 52.
9 Ibid., p. 50.
10 Ibid., p. 48.

bilitate, „o expresie matematică care combină afirmaţii asupra posibilităţilor sau tendinţelor cu afirmaţii asupra cunoaşterii faptelor; astfel, noi nu putem să obiectivăm complet rezultatul unei observaţii, nu putem descrie ceea ce «se petrece» între această observaţie şi următoarea" . Ecuaţia de mişcare nu descrie un ami- mit fenomen, ci un ansamblu de fenomene; selectarea fenomenului care s-a petrecut în realitate dintre cele posibile se realizează în actul observării, al interacţunii obiectului cu aparatul de măsură. Atunci are loc „reducerea pachetului de unde"; în acel moment se trece de la posibil la real, în sensul că funcţia de proba-bilitate care acoperă o largă gamă de posibilităţi se reduce brusc la o gamă mult mai îngustă prin faptul că experimentul a condus la un re- zultat specific, că un anumit fenomen s-a produs efectiv. In formalismul teoriei această reducţie cere ca ceea ce se numeşte interferenţa probabilităţilor, fenomenul cel mai caracteristic al teoriei cuantice, să fie distrugă de interacţiunile (parţial indefinibile şi ireversibile) ale sistemului cu aparatul de măsură şi cu restul lumii . Funcţia de probabilitate nu ne oferă „realitatea" sau obiectualitatea fenomenului descris, a comportării microparticulei, realitatea fiind înţeleasă de Heisenberg ca o „calitate" descrisă în termenii clasici ai geometriei şi ci-nematicii. Ea ne descrie o „posibilitate de a exista" sau o „tendinţă de a exista". Posibilitatea de obiectivare este concepută, de asemenea, ca posibilitate de acordare a unor „atribute fizice obişnuite" (clasice) fenomenelor. în faţa imposibilităţii de a le conferi în mod absolut unor fenomene, în condiţiile în care „nu pot fi făcute distincţii nete între comportarea obiectelor înseşi şi interacţiunea lor cu instrumentele de măsură" > aceste fenomene sau

obiccte trebuie gîndite în termenii mai generali ai „posibilităţii" sau „tendinţei spre existenţă". Aplicarea atributelor convenţionale este legată de actul observaţiei, al interacţiunii experimentale cu microobiectul, act care permite „legarea formalismului matematic al teoriei cuantice într-o manieră coerentă cu evenimentele reale în spaţiu şi timp'614.

Ca şi la Bohr sau Einstein, problema realităţii fizice apare la Heisenberg ca o „problemă internă66 a fizicii; ea vizează modul de atribuire a unei semnificaţii fizice variabilelor matematice din formalismul teoriei. „Criteriul de realitate'6 clasic, formulat explicit de Einstein, care servea ca un indiciu fundamental în acest proces, se întemeia pe o anumită înţelegere a raportului dintre teorie şi realitate, o reprezentare care s-a dovedit esenţial limitată în condiţiile în care se modifică natura interacţiunii experimentale a obiectului de cercetat cu condiţiile experimentării. Einstein formula criteriul de realitate, specific fizicii clasice, astfel: „dacă, fără a perturba în vreun fel un sistem, putem prevedea cu certitudine (adică cu o probabilitate egală cu unitatea) valoarea unei mărimi fizice, atunci există un element de realitate care corespunde acestei mărimi6615. Dar, aşa cum argumenta Niels Bohr, formularea acestui criteriu implica o „ambiguitate esenţială66, de fapt, o idealizare absolută (redată prin fraza „fără a perturba într-un mod oare-care un sistem66), care nu se poate susţine în cazul teoriei cuantice unde „interacţiunea finită dintre obiect şi aparatele de măsură este condi- ţionată de însăşi existenţa cuantei de acţiune6616. Ca urinare „se impune revizuirea radicală a atitudinii noastre faţă de problema realităţii fizice66 (Bohr), revizuire care, pentru Heisenberg, constă în aceea că nu putem să ne mai între-

14 W. Heisenberg, Physique et philosophie, p. 177.

15 N. Bohr, Op. cit., p. 79.

16 N. Bohr, Op. cit., p. 80.

băm ce se petrece cu microobiectul „în realitate" în cursul unui fenomen atomic între două observaţii succesive; cu alte cuvinte, în afara observaţiei microobiectul nu poate fi descris clasic, nu poate fi reprezentat comportamentul său

în termeni clasici. Pe un plan mai general, atunci cînd Heisenberg vorbeşte de imposibilitatea concilierii teoriei cuantice cu „ontologia materialismului" (avînd în vedere mereu materialismul metafizicJ, deoarece particulele elementare „nu pot exista în acelaşi fel în care există pietrele sau arborii, indiferent dacă le observăm sau nu((17, el are în vedere, de asemenea, o existenţă descrisă cu ajutorul „atributelor convenţionale", clasice, geometrice şi cinematice. Or, „acest gen de existenţă, «realitatea directă» a lumii care ne înconjoară, nu se poate extrapola pînă la ordinul de mărime al atomului" lft.
Interpretarea realităţii se bazează în concepţia lui Heisenberg pe locul şi rolul atribuit conceptelor clasice, cadrului conceptual al fizicii clasice în cunoaşterea fizică în general. Aceste concepte reprezintă „presupoziţii ale oricărei experienţe66, „singurele instrumente care ne permit să comunicăm fără ambiguitate gîndu- rile noastre asupra fenomenelor, asupra organi-zării experienţelor şi a rezultatelor acestora. Dacă i se cere deci unui atomist să ofere o descriere a ceea ce se petrece realmente în experienţele sale, cuvintele «descriere», «realmente», «se petrece», nu ar putea să privească decît conceptele vieţii cotidiene sau ale fizicii clasice; ...orice afirmaţie asupra a ceea ce «s-a petrecut în realitate» este o afirmaţie în ter-menii conceptelor clasice66. De aceea, a cere „să se descrie ceea ce se petrece în procesele atomice este o contradicţie in adjecto, întrucît termenul «a descrie» se referă la folosirea conceptelor clasicef în timp ce aceste concepte nu se pot aplica în intervalul care separă două observaţii, ci numai în punctele observării" . In procesul construirii semnificaţiei fizice a teoriei cuantice ne sprijinim în mod inevitabil pe acele elemente ale cadrului nostru conceptual care ne permit în general să avem acces la realitate : conceptele clasice, rafinări şi idealizări ale celor obişnuite. Ele reprezintă — după Bohr şi Heisenberg — un a priori metodologic pentru mecanica cuantică, în timp ce această teorie, pe de altă parte, pune în evidenţă limitarea principială a folosirii lor în descrierea fenomenelor cuantice. Această situaţie decurgînd din

maniera specifică de „punere a problemelor" în teoria cuantică a fost caracterizată astfel de L. Landau şi E. Lifşiţ: „în mod obişnuit, o teorie mai generală poate fi formulată într-o modalitate logic închisă independent de o teorie mai puţin generală, care este un caz-limită al său. Astfel, mecanica relativistă poate fi construită pe principiile sale fundamentale fără să se facă apel la principiile newtoniene. In ceea ce priveşte formularea principiilor fundamentale ale mecanicii cuantice, ea este funciar imposibilă fără intervenţia mecanicii clasice... Astfel, mecanica cuantică ocupă o poziţie extrem de originală în cadrul teoriilor fizice : ea conţine mecanica clasică ca un caz-limită şi, în acelaşi timp, ea are nevoie de acest caz-limită pentru a putea fi întemeiată" . Tocmai această particularitate metodologică a mecanicii cuantice necesită generalizarea ideii de realitate : in afara momentului observării, sistemele cuantice nu pot fi reprezentate sub forma unor obiective intuitive, strict localizate în spaţiu şi timp, mişcîndu-se pe traiectorii determinate etc. Suspendarea acestor determinări intuitive ne obligă să considerăm fenomenele cuantice ca „realităţi potenţiale", „tendinţe" etc.
în legătură cu rolul atribuit conceptelor clasice în construcţia semnificaţiei fizice a teoriei cuantice, fizicienii şi filozofii marxişti au pus în evidenţă o limitare esenţială a viziunii lui Bohr şi Heisenberg asupra obiectivării şi a progresului cunoaşterii. „Recunoscând întreaga necesitate şi importanţă a unor asemenea consideraţii (referitoare la limitarea aplicabilităţii conceptelor clasice în fizica atomică — n.n.) — scria V. A. Fock — trebuie totuşi să regretăm faptul că Bohr nu indică ieşirea din această situaţie, nu spune care trebuie să fie noile concepte (fizice, intuitive) nu doar simbolice, care trebuie să ia locul celor clasice şi nu subliniază posibilităţile nelimitate de rafinare a descrierii obiectelor atomice cu ajutorul noilor concepte" . Cornentînd studiul lui W. Heisenberg „Evoluţia conceptelor în fizica secolului al XX-lea", M. E. Omelianovski subliniază că şi W. Heisenberg vede progresul teoretic ca reali- zîndu-se în primul rînd prin limitarea sferei de aplicabilitate a conceptelor clasice, prin acomodarea noţiunilor clasice la

aparatul matematic nou . I s-ar putea obiecta lui Heisenberg — pe un plan mai general — că nu aplică şi în cazul conceptelor de „descriere", „obiectivare", ceea ce considera el însuşi a fi una din lecţiile istoriei ştiinţei: „Progresul ştiinţei se realizează nu numai prin aceea că ne devin cunoscute şi înţelese noi fapte, ci şi prin aceea că noi învăţăm mereu ce semnificaţie poate avea termenul «a înţelege»" 2Z. în înţelegerea obiectivării cunoaş- teriit materialismul dialectic nu rămîne la critica realismului naiv şi a conceptelor ştiinţifice clasice, — la poziţia pe care se situează Heisenberg —, ci propune o modalitate constructivă de înţelegere a acestui proces, în care ideea de invariant devine un criteriu mai profund în judecarea elaborării cunoaşterii obiective. Conceptul de „realitate potenţială" — formulat de Heisenberg — are, pe de o parte, un sens negativ: el indică necesitatea eliberării ideii de realitate fizică de determinările ei clasice, de exigenţa intuitivităţii, urmare a faptului că orizontul de realitate descris matematic de teoria cuantică nu mai poate fi reprezentat „în sine" prin conceptele geometrice şi cinematice clasice. Acest concept are, pe de altă parte, şi un sens pozitiv: el indică o direcţie posibilă a generalizării ideii de realitate fizică. Heisenberg, deşi insistă in special asupra sensului negativ al conceptului, oferă şi cîteva ilustrări ale valenţelor lui constructive, explicative. El poate fi folosit în interpretarea unor aspecte ale logicii teoriei cuantice, dezvăluite în lucrările lui C. F. von Weizsăcker, în special a ideii de „stări coexistente" (descrise de afirmaţiile complementare) (p. 179). Conceptul „extrem de abstract al realităţii doar potenţiale" reprezintă, după Heisenberg, „nucleul interpretării teoretice" într-o serie de alte domenii ale ştiinţei, cum ar fi chimic1, biologia etc. (p. 180, 199). Maniera propusă de Heisenberg pentru înţelegerea realităţii fizice cu ajutorul conceptului de „realitate potenţială" este — după V. A. Fock — adecvată specificului matematic şi experimental al teoriei cuantice24. în acelaşi timp, fizicianul G. Feinberg sublinia valoarea acestei idei, a ra-portului dintre posibil şi real, în înţelegerea structurii sistemelor de particule

elementare 2;\ Modificarea ideii de realitate poate oferi, de asemenea, un sprijin teoretic-filozofic ideii uni-

24 Vezi V. A. Fock, în Voprosî filosofii, nr. 1, 1971.

25 G. Feinberg, Philosophical Implications of Contemporary Particle Physics, în R. G. Colodny (ed.), Para- digms and Paradoxes, The Philosophical Challenge of the Quantum Domain, Univ. of Pittsburgh Press, 1972, p. 39—43.

taţii universului fizic; ea a constituit de altfel premisa filozofică a teoriei unitare a particulelor elementare propusă de W. Heisenberg. In toate aceste direcţii se va putea urmări şi testa în viitor capacitatea productivă a ideii ‚de „realitate potenţială". Recent s-a sugerat, de asemenea, o conexiune posibilă a conceptului de „realitate potenţială" propus de Heisenberg cu unele tentative de a depăşi formularea tradiţională, „clasică" a mecanicii cuantice : în cadrul acestora se propune o dinamică cuantică în care „spaţiul", „timpul" şi „substanţa" sînt înlocuite printr-un singur concept prim, acela de „proces" . Evident, concepţia despre realitatea fizică a lui W. Heisenberg, solidară cu o interpretare specifică a teoriei cuantice, este doar una dintre alternativele actuale din mecanica cuantică şi din filozofia acesteia; este sarcina cercetărilor fizice şi de teoria fundamentelor care vor urma să valideze una dintre aceste interpretări. Se poate semnala faptul că în prezent există formulări axiomatice ale teoriei cuantice (Jauch, Piron, Drieschner) în care rolxd geometriei şi al conceptelor clasice de spaţiu şi timp se deosebeşte de acela pe care-l postulează Bohr şi Heisenberg . Stadiul actual al cercetărilor nu permite aprecierea mai exactă a acestor raporturi şi dependenţe.

Generalizarea ideii de realitate fizică propusă de Heisenberg este, aşa cum argumentează şi H. Horz, în acord cu modalitatea în care este abordată realitatea obiectivă în concepţia materialist-dialectică. „în ciuda exprimărilor idealiste şi a polemicii vremelnice cu materialismul dialectic — scrie H. Horz —, Heisenberg se apropie de o concepţie materialistă şi dialectică asupra naturii66. Materialismul său se manifestă în

„recunoaşterea realităţii obiective şi a unităţii materiale a lumii, în sublinierea caracterului obiectiv al legilor naturii" . In teoria sa asupra raportului dintre posibil şi factic, Horz vede o „recunoaştere implicită a realităţii obiective, nu în sensul materialismului mecanicist, ci ca reprezentînd totalitatea proceselor obiective existente în afară şi independent de conştiinţa umană, pe care mintea umană le cunoaşte" .
Critica de către Heisenberg a ideii de corporalitate în înţelegerea materiei este corelată de Horz cu modul lui Lenin de a formula problema materialităţii lumii, în care în definirea materiei se renunţă complet la corporalitate sau altă caracteristică sensibilă, în general la orice însuşire descoperită de ştiinţele naturii . înţelegerea materiei din care dispare atributul corporalităţii ca element definitoriu, în general orice alte „atribute sensibile" ale materiei, renunţarea la exigenţa reprezentării intuitive a oricăror forme ale ei, sau la definirea existenţei obiective printr-o anumită însuşire descoperită de ştiinţele speciale, toate acestea carac-terizează concepţia materialist-dialectică asupra materiei. Definiţia „materiei" formulată de Lenin în „Materialism şi empiriocriticism" are co-mun cu conceptul de „realitate potenţială66 introdus de Heisenberg o anumită manieră de a pune problema realităţii, în care se renunţă radical la viziunea substanţialistă, esenţialistă proprie materialismului metafizic anterior. „Materia" nu mai este definită de Lenin printr-o listă de caracteristici „obiective„esenţiale66, de atribute proprii unei existenţe „în sine", de predicate despre existenţă independent de modul în care aceasta interacţionează cu omul.
„Materia" se defineşte la Lenin printr-o anumită raportare a omului la existenţă; ea exprimă o anumită atitudine a omului faţă de lumea externă. Aşa cum arată Lenin, „materia" desemnează existenţa obiectivă în raport cu conştiinţa şi experienţa umană, şi anume primordialitatea în raport cu conştiinţa, inteligibi- litatea şi netranscendenţa ei. Aceste determinări nu mai reprezintă „proprietăţi intrinseci", „calităţi primare", atribute absolute de genul însuşirilor postulate pentru materie (= substanţă) în cadrul

materialismului mecanicist (corporalitate, impenetrabilitate etc.). Prin aceste elemente definiţia conceptului de materie exprimă în primul rînd o atitudine filozofică determinată, proprie materialismului; ea reprezintă în termenii cei mai generali raportul omului cu existenţa, servind la înţelegerea locului omului în univers, a poziţiei lui în lume. Evident, definiţia lui Lenin nu exprimă complet conţinutul categoriei de materie. Pentru aceasta este necesară expunerea corelaţiilor „materiei" cu celelalte modalităţi de a determina categorial structura şi dinamica existenţei. Definiţia lui Lenin reprezintă o formulare consecventă a cadrului general al perspectivei materialiste asupra existenţei, punctul de plecare al coordonării diferitelor abordări particulare ale problemei realităţii. Determinarea structurii si » « proprietăţilor realităţii obiective se realizează progresiv, la diferite nivele de interacţiune practică a omului cu lumea externă, sub forma unor „orizonturi de realitate" solidare cu „orizonturile de cunoaştere" corespunzătoare. în acest sens putem interpreta ideile lui Heisenberg de genul următor: „pentru ştiinţele naturii obiectul cercetării nu-l mai reprezintă na- twra în sine, ci natura supusă întrebărilor omului" (p. 120), „vechea împărţire a lumii într-o existenţă care se desfăşoară obiectiv în spaţiu şi timp, pe de o parte, şi într-un spirit în care se reflectă această dezvoltare, pe de altă parte — aşadar împărţirea lui Descartes în res cogi- tans şi res extensa — nu mai corespunde ca punct de plecare în înţelegerea ştiinţelor moderne ale naturii" (p. 127—128). Determinarea realităţii fizice şi obiectivarea nu se mai pot astfel realiza în teoria cuantică negiijînd rolul activ al omului, corelaţia lor cu anumite niveluri şi proceduri experimentale.

Deşi s-a semnalat această concordanţă în maniera de punere a problemei realităţii fizice între perspectiva lui Heisenberg şi aceea a filozofiei materialist-dialectice (abordarea constructivă, ne contemplativă), trebuie totuşi să subliniem că avem de-a face aici cu două probleme relativ distincte, care ţin de modalităţi şi nivele diferite de reflecţie : pe Heisenberg îl interesează realitatea fizică ca

temă a filozofiei ştiinţei, ca „problemă internă'(a cunoaşterii fizice ; concepţia filozofică materialist-dialectică vizează însă prin ideea de materie existenţa în înţelesul ei filozofic cel mai general. Aceste două concepte îndeplinesc funcţii diferite : ideea de realitate fizică, precizată sub forma unor „criterii de realitate" (Einstein, Bohr) serveşte la înţelegerea corespondenţei dintre teorie şi real, a modului de construire a semnificaţiei fizice a unui formalism matematic; conceptul de materie, definit de Lenin într-o manieră specific filozofică, serveşte la înţelegerea la cel mai înalt grad de generalitate a problemei existenţei, a raportului dintre om şi realitate. Examinarea concepţiei lui Heisenberg asupra realităţii fizice, care defineşte esenţialul concepţiei lui filozofice, poate oferi puncte de plecare pentru abordarea altor teme ale gîndi- rii sale filozofice, în particular a „platonismului" său. Platonismul, atît de manifest în opera teoretică sau în reflecţiile sale filozofice, în teoria unificată a particulelor elementare sau în autobiografia sa spirituală, Der Teii und das Ganze (cartea în care Heisenberg a încercat să-şi întemeieze şi să-şi justifice concepţia sa filozofică, apreciată de C. F. von Weizsăcker ca reprezentînd „singurele dialoguri cu adevărat platonice cunoscute în epoca modernă" j, acest platonism reprezintă pentru Heisenberg mai mult decît o concepţie filozofică despre structura existenţei şi despre legitimitatea cunoaşterii, el defineşte şi o atitudine morală. Mulţi exegeţi ai operei lui W. Heisenberg (H. Horz} C. F. von Weizsăcker, A. Hermann) au remarcat faptul că platonismul său reprezintă, în esenţă, o viziune gnoseologică şi mai puţin una ontologică. El înseamnă o căutare a unei modalităţi noi de a înţelege relaţia teoriei cu realitatea, problema întemeierii şi validării legilor ştiinţei matematizate. Prin afirmaţiile sale „platonice66 Heisenberg îşi exprimă refuzul de a accepta interpretarea empiristă a ştiinţei, dominantă. în epistemologia nemarxistă contemporană sub forma pozitivismului logic şi dovedită neadecvată ca explicaţie a valabilităţii legilor matematice ale fizicii. „Recursul" la Platon semnifică tocmai o subliniere a valorii abstrac-ţiei

idealizante în ştiinţa actuală, a rolului constitutiv al structurilor şi ipotezelor matematice în cunoaşterea fizică. Această interpretare epis-temologică a platonismului lui Heisenberg se întemeiază şi pe argumente de ordin istorico-fi- lozofic. Este vorba de faptul că prin afirmaţia sa conform căreia în Timaios avem „începutul decisiv al ştiinţei matematice a naturii" (p. 234), care poate fi considerată expresia cea mai adîncă a modului cum se raportează Heisenberg la Platon, el se înscrie într-o anumită manieră de interpretare a lui Platon iniţiată de „Şcoala de la Marburg" (P. Natorpf H. Cohen), însuşită şi răspîndită de N. Hartmann, E. Cassirer, Al. Koyre ş.a. In interpretarea marburgheză Platon devine autorul principiului metodologic fundamental al ştiinţei moderne, acela al unităţii dintre experiment şi ipoteza matematică. Această interpretare a fost posibilă prin reducerea filozofiei platonice la metodă, a ideilor la ipoteze, a teoriei ideilor la o doctrină a ştiinţei, exclu- zîndu-se sensul ei de teorie a naturii. „Ideile nu înseamnă lucruri, ci metode" . In această interpretare Platon contribuie la înţelegerea ştiinţei moderne prin mijlocirea lui Kant. Ideile devin, pentru a se acorda spiritului acestuia, „condtţii ale posibilităţii experienţei". Numai astfel pot ele servi la înţelegerea raportului dintre „coroborarea empirică a ştiinţei moderne şi imposibilitatea întemeierii ei empirice"22. Neo- kantienii transpuneau asupra filozofiei lui Platon un mod ipotetic de a concepe cunoaşterea, care deşi a fost prefigurat în antichitate în lucrările lui Eudox, nu a fost caracteristic pentru Platon şi Aristotel, nu a reprezentat un model efectiv al cunoaşterii. Dimpotrivă, ştiinţa antică a fost dominată de idealul categoric-deductiv, formulat de Aristotel şi anticipat de Platon. Nu dorim să considerăm în detaliu această interpretare neokantiană a lui Platon . Ne-am referit la ea doar pentru a evidenţia faptul că, acceptînd-o, Heisenberg recepţionează şi invocă concepţia lui Platon de pe o poziţie în primul rînd epistemologică : încrederea lui Heisenberg în rolul structurilor posibile şi al simetriei în raţionalizarea realului, credinţa sa că fizica contemporană trebuie

construită pe ipoteza ca legile de bază ale naturii sînt simetrice, invariante faţă de aplicarea unor grupuri de simetrie determinate. Teza lui Heisenberg „fizica modernă a decis în favoarea lui Platon şi nu a lui Democrit" trebuie înţeleasă în sensul afirmării faptului că ceea ce trebuie să considerăm drept principiu fundamental pentru explicarea „structurilor fundamentale ale materiei" (p. 240, 241), pentru cercetarea particulelor elementare ca şi a cosmosului nu este existenţa unor ultime corpuri determinate, a unor obiecte fizice în sensul obişnuit al cuvîntului, a unei substanţe fundamentale în înţelesul ei clasic, ci existenţa unor legi diferenţiale, legi ale schimbării, care determină stările posibile ale obiec-telor. In acelaşi timp, teza sa vizează necesitatea părăsirii, în cercetarea particulelor elementare, a intuiţiilor calitative, a modelelor iconicey pentru a se apropia de realitatea complexă a acestei lumi prin mijloacele mai abstracte ale matematicii.

Platonismul lui Heisenberg, ca viziune raţio- nalist-matematistă asupra cunoaşterii, se opune explicaţiei empiriste a ştiinţei. în raporturile sale cu pozitivismul Heisenberg a avut o atitudine şi o evoluţie asemănătoare cu Einstein; fără să fi fost vreodată adepţi ai acestei doctrine, ei au folosit la început, în construirea teoriei relativităţii, respectiv a mecanicii cuantice, o exigenţă metodologică care părea de tipul celor formulate de pozitiviştii logici: principiul observabilităţii; acesta l-a dus pe Einstein la părăsirea reprezentărilor asupra spaţiului şi a timpului absolut, iar pe Heisenberg la renunţarea la ideea traiectoriei deplasării electronului. Concepţia lor a evoluat apoi spre critica deschisă a concepţiilor lui Mach sau ale pozitiviş-tilor actuali, critică însoţită de renunţarea la unele formulări sau teze subiectiviste — referitoare la „incontrolabilitatea interacţiunii su- biect-obiect", la „generarea fenomenelor obişnuite prin observaţii repetate" etc. — şi afirmarea unor idei materialiste : ideea caracterului obiectiv al legilor fizice, recunoaşterea unităţii materiale a lumii ş.a. Detaşarea lui Heisenberg de pozitivism se poate observa mai clar dacă se cercetează

concepţia sa asupra structurii şi dinamicii teoriilor ştiinţifice, ideile sale privind natura abstracţiilor ştiinţifice (concepţia sa asupra „desfăşurării structurilor abstracte" — p. 191 — reprezintă o variantă de realism epistemologic apropiată de vederile actuale ale lui K. Popper 35), obiectivitatea matematicii şi fizicii, rolul limbajului în cunoaştere, crearea unor noi concepte în ştiinţă, relaţiile in- terteoretice şi progresul cunoaşterii, principiile care ghidează acceptarea ipotezelor matematice în fizică. Toate aceste idei şi teorii ale lui Heisenberg necesită o analiză mult mai profundă decît permite cadrul de faţă. Ele se înscriu printre cele mai remarcabile produse ale reflecţiei contemporane asupra ştiinţei, influenţînd hotă- rîtor orientarea cercetărilor în acest domeniu, cercetări care au revoluţionat concepţia actuală despre structura şi evoluţia ştiinţei.

In lucrarea lui Heisenberg se întîlnesc şi o serie de teze filozofice, de afirmaţii sau argumentări mai puţin întemeiate. In multe cazuri ideile sale, formulate cu o anumită ambiguitate şi imprecizie, pot genera interpretări subiectiviste sau pozitiviste. Astfel, repetatele sale afirmaţii asupra nerelevanţei categoriilor de materie şi de realitate — proprii filozofiei materialiste — pentru noua situaţie teoretică şi experimentală din fizica actuală au oferit punctul de plecare al unor concepţii idealiste subiectiviste. Heisenberg, ca şi alţi oameni de ştiinţă contemporani nemarxişti, în afirmaţiile sale asupra materialismului nu ia în considerare deosebirea profundă între structura conceptuală şi maniera de a pune problemele proprii materialismului dialectic şi acelea care erau caracte-ristice materialismului metafizic şi mecanicist, deosebirea esenţială între categoria de materie, definită în cadrul filozofiei marxiste, şi aceea proprie materialismului anterior. Asemeneo afirmaţii ale lui Heisenberg nu sînt consecvente cu contribuţiile lui pozitive în problema realităţii fizice, contribuţii care se înscriu într-o perspectivă de gîndire în general materialistă, cu importante elemente dialectice. De multe ori neînţelegerile reciproce şi polemica dintre Heisenberg şi unii filozofi sau fizicieni

marxişti s-au datorat — după cum recunoaşte şi Heisenberg — unor întrebuinţări diferite ale termenilor limbajului. Textele lui Heisenberg, ca dealtfel şi acelea ale lui Bohr, Einstein, Dirac sau Pauli, nu pun întotdeauna problemele filozofice în maniera şi în termenii specifici discursului filozofic. Este destul de greu uneori să se distingă exact sensul principal, intenţia teoretică a unor afirmaţii filozofice ale acestor oameni de ştiinţă. Cu o remarcabilă intuiţie Einstein sfătuia pe istoricii şi filozofii ştiinţei ca în asemenea ocazii să nu se conducă după „ceea ce spun" fizicienii, ci să analizeze „ceea ce fac" ei, să reconstruiască filozofia subiacentă marilor lor creaţii ştiinţifice, cadrul conceptual general, presupoziţiile filozofice ale ipotezelor lor. Analizele efectuate de oamenii de ştiinţă, produse ale reflecţiei directe, nemijlocite, asupra propriilor lor descoperiri, pot să nu reconstruiască obiectiv ideile şi structurile filozofice implicate în opera lor; în acest sens ele au şi fost adesea corectate prin analizele logice, formali- zante sau istorico-critice, care au reconstruit mai exact structura şi semnificaţia diferitelor revoluţii teoretice.

Un loc special ar trebui acordat discutării aprecierilor generale ale lui Heisenberg asupra ştiinţei ca fenomen social şi cultural. Sînt remarcabile strădaniile lui — teoretice şi practice — de a face din ştiinţă „un mijloc de în-ţelegere între popoare", de a promova dialogul şi cooperarea în domeniul cercetării ştiinţifice internaţionale (activitatea sa în fruntea Fundaţiei „Al. von Humboldt" sau a unor importante organisme ştiinţifice internaţionale — CERN ş.a. — a fost consacrată tocmai acestor obiective), de a integra rezultatele ştiinţei în cîmpul complex al valorilor generale ale culturii.

în operele lui Heisenberg, ca şi în ale altor mari fizicieni ai secolului nostru, un loc important îl ocupă problema raportului dintre ştiinţă şi religie. în cadrul volumului de faţă nu întîl- nim o formulare explicită a concepţiei lui Heisenberg pe această temă, ci doar o expunere succintă a ideilor lui W. Pauli. în ultima sa carte, „Der Teii und das Ganze", autobiografia sa spirituală, Heisenberg consacră

două capitole speciale raportului dintre ştiinţă, religie şi filozofie. Construită sub forma unor „dialoguri platonicet", această lucrare reia principalele discuţii asupra religiei purtate în numeroase ocazii de Heisenberg cu A. Einstein, N. Bohr, P. Di- rac, W. Pauli, C. F. von Weizsăcker şi cu alţi fizicieni. Dacă pentru M. Planck — scrie Heisenberg — ştiinţa şi religia reprezentau două forme ale culturii compatibile întrucît se raportau la domenii complet distincte, lumea materială, obiectivă şi lumea subiectivă, a valorilor, iar dacă pentru Einstein „religiozitatea" denota acel sentiment aMnc al unităţii lumii şi al simplităţii legilor existenţei, acea „convingere în raţionalitatea existenţei şi în accesibilitatea ei pentru mintea umană" fără de care „ştiinţa ar degenera într-un empirism lipsit de suflet"37, pentru Dirac religia nu constituie decît un complex de „afirmaţii false" care nu posedă în realitate nici un fel de întemeiere, prezenţa lor în epoca actuală datorîndu-se în primul rînd unor cauze sociale şi de clasă, interesului celor bogaţi de a „linişti poporul, pe oamenii simpli" pentru a-i conduce şi exploata mai uşor((38. în acest spectru de poziţii, ideile lui W. Heisenberg despre religie se apropie mai mult de opiniile lui Einstein. Departe de a înţelege în toată complexitatea ei funcţia socială şi de clasă a reli-r giei, Heisenberg nu este de acord cu concepţia lui Dirac, considerînd-o o interpretare „ideologici2" a religiei. Pentru Heisenberg, religia joacă un rol important în cadrul oricăror comunităţi umane, ea le oferă o „limba comună în care se poate vorbi despre moarte şi viaţă, despre marile corelaţii"; în istoria acestor comunităţi religia a dezvoltat sentimente profunde, forme spirituale şi valori care le-au asigurat unitatea şi coerenţa. Alături de asemenea apre-cieri ale funcţiilor sociale ale religiei, în care îşi pune adînc amprenta contextul cultural-is- toric în care s-a format şi a gîndit Heisenberg, în modul în care el se raportează la religie găsim şi unele teze care izvorăsc din reflecţiile sale epistemologice asupra fizicii atomice. Heisenberg consideră că nu se poate separa net domeniul subiectiv, al religiei, de domeniul obiectiv, al ştiinţei, întrucît în ştiinţa moderna, mai ales în teoria cuantică, separaţia generală

subiectiv-obiectiv nu se mai poate realiza în mod absolut . In acest sens, materialismul şi raţionalismul din secolele anterioare plecau de la un ideal-limită, de la conceperea unei realităţi date, independent de modul în care se relevă ea subiectului în practica ştiinţifică şi, pe de altă parte, de la o separare netă a cunoaşterii de credinţă, a adevărului ştiinţific de alte valori. In aprecierea sensului şi conţinutului acestei „credinţe" Heisenberg este, însă, ca şi Einstein, departe de a accepta un punct de vedere mistic sau dogmatic. Sentimentul religios reprezintă pentru el un fel metaforic de a desemna o opţiune de ordin valoric, o anticipaţie sau o presupoziţie filozofică a ştiinţei, acea trăire ne-mijlocită a unităţii şi simplităţii existenţei, a marilor corelaţii ale existenţei sau „postulatul unei ordini a cosmosului diferită de lumea fenomenelor şi independentă de voinţa noastră" . (p. 39). Convingerea şi trăirea directă a ordinii şi unităţii lumii îi apar lui Heisenberg ca o presupoziţie de ordin mai înalt a ştiinţei, care nu are acelaşi criteriu de adevăr cu propoziţiile şi ipotezele teoretice şi care nu poate fi formulată în „limbajul obiectivant" al acestora, ci, mai degrabă, în imagini şi metafore. Asemenea presupoziţii şi opţiuni au fost respinse de pozitivism şi pragmatism ca lipsite de semnificaţie şi conţinut real. Pentru Heisenberg ele reprezintă elemente indispensabile ştiinţei, deşi nu apar nemijlocit în structura finală a acesteia. Ele joacă un rol analog numerelor iraţionale sau infinitului în matematică, acelor entităţi mai abstracte postulate pentru înţelegerea mai uşoară şi unificarea superioară a unor corelaţii reale, fără însă ca ele să fie cuprinse nemijlocit în ţesătura lor reală. In mod asemănător — scrie Heisenberg —, „cuvîntul există din religie trebuie înţeles ca o ridicare la o treaptă mai înaltă a abstracţiei. Această ridicare trebuie să ne facă să înţelegem mai uşor corelaţiile lumii, nimic în plus. Corelaţiile sînt însă întotdeauna reale, indiferent cu ce forme intelectuale încercăm să le cuprindem" .
în concepţia lui Heisenberg cu privire la raportul dintre ştiinţă şi religie trebuie astfel să distingem mai multe aspecte. O serie de consi-deraţii mai mult de gen

epistemologic nu se referă la religie în sensul comun al termenului, ci la ceea ce el şi Einstein denumesc „religiozitateai" savantului. Prin acest termen Heisenberg desemnează — impropriu — o totalitate de intuiţii, opinii, motive subiective, anticipări sau atitudini ale oamenilor de ştiinţă, implicate în actul creaţiei ştiinţifice, dar neformulate pe deplin explicit. Tot acest complex de elemente ale „proceselor intplectuale de creaţie
pentru care nu există încă o formulare raţională" (p. 38) poate juca un rol important în trecerea de la experienţă la legile teoretice (sau în interpretarea formalismului matematic). Aşa cum au arătat o serie de studii de istoria ştiinţei (Al. Koyre, G. Holton, St. Toulmin, B.G. Kuzneţov), aceste opţiuni, „intuiţii arhetipale", imagini plastice, anticipări filozofice, „idealuri" ale ordinii naturale etc. au reprezentat componentele indispensabile ale creaţiei ştiinţifice în opera unor mari fizicieni din trecut (Keppler, Galilei, Newton, Leibniz); sub influenţa puternică a mentalităţii religioase unii dintre ei le desemnau însă prin termeni împrumutaţi lim-bajului religiei. Această tradiţie o continuă oarecum şi Einstein sau Heisenberg.
Împotriva pozitivismului care vroia să traseze o linie de demarcaţie netă, pe baza unor criterii apriorice, între ştiinţa propriu-zisă, repre- zentînd cunoaşterea obiectivă, verificabilă, şi filozofia sau reflecţia „metafizică", „netestabilă", Heisenberg recunoaşte ponderea şi semnificaţia substructurii filozofice a ştiinţei, a presupoziţiilor sau anticipărilor neexplicite, amalgamate în intuiţia sau simţul critic al savantului. Critica pe care Heisenberg o face empirismului pozitivist nu înseamnă o recunoaş-tere a unor graniţe ale ştiinţei, ale gîndirii teoretice sau a unei „iraţionalităţi" a existenţei, ci doar sublinierea rigidităţii filozofice a metodologiei pozitiviste care dorea să formuleze şi formalizeze întreaga cunoaştere în cadrele prea înguste ale logicii formale matematizate .
Legătura pe care o stabileşte Heisenberg între recunoaşterea rolului acestor elemente pre- teoretice ale ştiinţei şi evoluţia recentă a fizicii indică în prim^ul rînd faptul că pe ambele planuri s-a relevat mai direct rolul

activ al subiec- tulni în cunoaştere, contribuţia lui anticipativă şi constructivă sporită în procesul cercetării. Recunoaşterea tuturor acestor „prealabili" ai ştiinţei nu este însă dublată la Heisenberg de o analiză filozofică şi metodologică diferenţiată din punctul de vedere al posibilităţii de expli- citare într-o filozofie sistematică, reflexivă; nu întîlnim un studiu asupra rolului lor în diferite momente ale construcţiei cunoaşterii, nici asupra modului în care aceştia se formează în experienţa cercetătorilor sau a comunităţilor ştiinţifice. Remarcăm însă faptul că poziţia lui Heisenberg, deşi formulată ambiguu şi nedezvoltată analitic, nu reprezintă un punct de vedere iraţionalist. Dimpotrivă, Heisenberg consideră ca elemente dominante ale acestei „religiozităţi" sau „trăiri subiective" a savantului încrederea lui în raţionalitatea, ordinea şi unitatea existenţei.

O altă serie de afirmaţii ale lui Heisenberg se referă la rolul social şi cultural al religiei (în sensul obişnuit al termenului). Luînd în considerare contribuţia pe care instituţiile religioase au avut-o în unele momente în viaţa popoarelor atît pe planul culturii cît şi ca factori de coeziune a comunităţilor umane, trebuie însă să subliniem faptul că, în aprecierea rolului social-istoric al religiei, Heisenberg supraevaluează ponderea acestor elemente, considerînd simple „răstălmăciri politice" argumentele de genul celor formulate de Dirac, prin care se evidenţiază pregnant caracterul de clasă şi funcţia ideologică negativă a religiei în societăţile întemeiate pe existenţa claselor antagoniste. In opoziţie cu teza lui Heisenberg, filozofia marxistă nu vede în conştiinţa nereligioasă, în ateism, pierderea unor valori morale sau culturale ale comunităţilor umane. Dimpotrivă, întemeierea pe ştiinţă şi pe filozofia materialist- dialectică a concepţiei despre lume a oamenilor constituie temeiul formării unei scări de valori, a unor idealuri superioare de viaţă.

Ateismul nu-i îndepărtează pe oameni nici de natură, nici de valorile înalte ale vieţii. Aşa cum spunea L. Feuerbach în „Prelegeri despre esenţa religiei", una dintre acuzaţiile cele mai comune aduse ateismului este aceea că el ar

„distruge sau ignora o cerinţă umană esenţială, şi anume cerinţa recunoaşterii şi venerării autorităţii, ceea ce ar face pe om egoist şi trufaşi. Dimpotrivă — scria el — „ateismul, deşi suprimă eminenţa teologică asupra omului, nu suprimă în mod necesar şi eminenţa morală asupra lui. Eminenţa morală este idealul pe care orice om trebuie să şi-l pună dacă el speră să înfăptuiască ceva; dar acest ideal este — şi trebuie să fie — un ideal şi un scop uman. Eminenţa naturală asupra omului este natura însăşi". Comentînd acest pasaj, Lenin notează în Caiete filozofice : „Ateismul nu suprimă nici das moralische Uber (= das Ideal) nici das natur- liche Uber (= die Natur) " 42.
Concepţia despre lume ateist-ştiinţifică, fundamentată pe filozofia materialist-dialectică, oferă astfel un model care integrează organic explicaţia lumii exterioare ca un sistem de norme şi valori superioare ale vieţii; prin însuşirea lui — spunea A. Gramsci — oamenii pot deveni pentru prima oară participanţi conştienţi la crearea istoriei universale.
Nu ne-am propus aici să oferim o privire sintetică asupra întregii activităţi teoretice, filozofice şi sociale a lui Heisenberg. Nu putem însă încheia fără a sublinia atitudinea umanistă consecventă a savantului atomist, reliefată pregnant de comportarea sa în timpul celui de „al treilea Reich", de conflictul direct cu adepţii „fizicii germane" (o diversiune şovinistă în domeniul fizicii, reprezentată de Ph. Lenard şi J. Stark, care atacau făţiş pe cei mai eminenţi reprezentanţi ai fizicii teoretice, în primul rînd pe Einstein), de memorandumul asupra „stării fizicii în Germania" (formulat în 1936 de W. Heisenberg, Max Wien şi Hans Geiger şi semnat de 75 de profesori, exprimînd reacţia oamenilor de ştiinţă faţă de aceste atacuri care aduseseră fizica din Germania într-o grea criză), de activitatea sa în cadrul „Proiectului-Uraniu" (apreciată astăzi ca un tip de „rezistenţă pasivă" faţă de regimul nazist), sau de „declaraţia de la Got- tingen" — 12 aprilie 1957 (în care savanţii ato- mişti vest-germani se hotărau să nu participe la realizarea armelor atomice).
Influenţat decisiv încă din anii de formare de gîndirea antică, Heisenberg a încercat să continue în activitatea sa

acel mod specific culturii antice greceşti de a uni „punerea principială a problemelor" cu „acţiunea practicăde a trăi plenar unitatea formelor spiritului. Viaţa şi opera sa au fost marcate de unitatea dintre cercetarea teoretică, reflecţia filozofică şi acţiunea practică. în toate aceste domenii contribuţiile lui Heisenberg se înscriu printre evenimentele de seamă ale epocii noastre.

Ilie Părvu

PREFAŢĂ

Prezenta culegere de discursuri şi articole, izvorîte direct sau indirect din preocupările de fizică atomică ale autorului, conduce mereu dincolo de graniţele acestui domeniu. Caracterul universal al ştiinţei atomului îndreptăţeşte această transcendere. Meditaţia serioasă asupra influenţelor şi consecinţelor filozofice, tehnice şi politice ale fizicii atomice 'depăşeşte inevitabil cu mult graniţele domeniului propriu al fizicii. Direcţiile în care se realizează acest lucru în fiecare articol sau discurs sînt atît de diferite încît nu a fost posibilă o sistematizare a lor pe teme. De aceea, culegerea este ordonată cronologic, exceptînd articolele consacrate anumitor personalităţi, care au fast plasate la început. Ordinea cronologică redă în anumită măsură evoluţia survenită în concepţia autorului, chiar dacă alegerea temelor a fost adesea determinată de motive mai mult întâmplătoare. Ca urmare, în abordări diferite ale problemelor revin aceleaşi idei, şi nu am încercat să elimin repetările.

Cele mai importante domenii tematice pot fi oarecum caracterizate prin următoarele întrebări : încotro ne conduce tehnica, care de la eliberarea energiei atomice a depăşit toate graniţele anterioare ? Ce conţinut de adevăr au afirmaţiile ştiinţelor naturii ? Se poate realiza un acord asupra rezultatelor cercetării şi poate să contribuie acest acord la înţelegerea dintre popoare ? Există relaţii între ştiinţele moderne cit operei sale ştiinţifice, întregesc imaginea acestui savant, al cărui spirit creator s-a manifestat în domeniile cele mai largi ale spiritului uman. Deşi lucrările lui Einstein din domeniul fizicii au fost în cea mai înaltă măsură revoluţionare, depăşind prin

consecinţele lor cu mult graniţele ştiinţei căreia îi aparţineau în primul rînd, totuşi el, oricît de paradoxal ar putea să pară aceasta, a fost în liniile esenţiale ale fiinţei sale un spirit conservator. In virtutea anilor formării sale, Einstein era adeptul teoriilor despre progres din secolul al XlX-lea, iar în articolele lui se reflecta imaginea unei lumi încă imperfecte din cauza lipsei de raţiune a oamenilor, dar care ar putea să devină tot mai bună dacă oamenii ar fi dispuşi să abandoneze vechile lor prejudecăţi şi să se bazeze pe raţiunea lor. In ciuda experienţelor personale negative, Einstein nu a fost în stare să renunţe la această imagine ideală.

In sfera politicii, această atitudine s-a exprimat prin încrederea lui aproape naivă în posibilitatea ca problemele politice să fie rezolvate exclusiv pe baza bunelor intenţii. Valorile naţionale ale timpului îi erau străine, militarismul i-a apărut ca un fenomen odios şi s-a declarat deschis adept al pacifismului, în speranţa, caracteristică acelor vremi, că s-ar putea reduce contradicţiile dintre oameni dacă o restratificare socială ar oferi puterea unor noi grupuri şi statele naţionale ar fi astfel obligate să renunţe la folosirea forţei sub forma războiului. Imaginea unei lumi paşnice, a progresului revine mereu în diferitele lui articole, şi de aceea ţine de tragismul vieţii sale faptul că el, care ura atît de mult războiul, a scris în 1939 — sub impresia ororilor naţional-socialismului — o scrisoare preşedintelui Roosevelt în care îndemna Statele Unite să urmărească energic producerea bombei atomice şi că primele dintre aceste bombe au ucis mii de femei şi copii care erau la fel de nevinovaţi ca şi oamenii în apărarea cărora voia să intervină.

Ar fi absurd să se transforme acest episod într-un motiv de îndoială faţă de bunele intenţii ale lui Einstein. Cine l-a cunoscut pe Einstein ştie că el era un om serios, binevoitor şi altruist, care şi în acest caz a urmărit să facă numai bine. Acest episod ne arată însă că tocmai acea imagine despre lume a secolului al XlX-lea, de care Einstein s-a rupt doar în fizică, nu mai era suficientă pentru a răspunde la problemele politice ridicate de epoca noastră.

Neliniştea profundă pe care i-o stîrnea lui Einstein această evoluţie este dovedită de numeroasele articole scrise de el în ultimii ani ai vieţii. Fără îndoială, nu este întîmplător că această nelinişte se împletea uneori cu nemulţumirea lui faţă de dezvoltarea fizicii de la sfîr- şitul deceniului al treilea. Să ne reamintim consecinţele pe care le-a avut pentru fizică opera ştiinţifică a lui Einstein. Einstein a înlocuit reprezentarea spaţiului şi a timpului din fizica clasică printr-una nouă, mai corectă, şi a arătat astfel că fundamentul vechii fizici nu era atît de solid şi imuabil cum se credea pînă la el. Einstein socotea că prin ideea sa asupra legăturii dintre geometrie şi oîmpul material se poate crea un fundament nou, mai solid, care să permită la fel ca şi cel anterior o descriere obiectivă a naturii, independentă de om.
In această privinţă, Einstein a supraapreciat însă posibilităţile epocii sale. Odată ce fundamentele descrierii naturii fuseseră puse în mişcare nu mai putea fi suficientă nici măcar puterea lui Einstein pentru a le opri din nou în alt punct. In teoria cuantică, la care Einstein însuşi contribuise atît de mult, s-a dovedit — prin interpretarea ei finală de la sfîrşitul anilor douăzeci — că chiar materia, spaţiul şi timpul nu erau realităţi atît de solide, independente de oameni, aşa cum se susţinuse în secolul al XIX-lea şi cum Einstein însuşi era dispus să accepte. Dar acum Einstein nu mai era pregătit să recunoască această dislocare a fundamentelor. El a intuit cel puţin inconştient că printr-o asemenea interpretare a teoriei cuantice cîştigau o pondere mai mare şi acele mişcări spirituale care erau intenţionat depreciate ca „suprastructură ideologică", în opoziţie cu realitatea fermă a materiei, şi ca urmare această evoluţie i-a fost străină.
In ultimii ani, neliniştea lui Einstein a cedat locul înţelepciunii resemnate a senectuţii, care acceptă cu seninătate ideea că în definitiv lumea se schimbă în aşa fel încît ea nu mai poate fi înţeleasă cu imaginile din tinereţea noastră. La un savant care a contribuit prin gândirea sa mai mult decît oricare altul la transformarea lumii, aceasta ne apare ca o trăsătură deosebit de paşnică a fiinţei sale.

DESCOPERIREA LUI PLANCK ŞI PROBLEMELE FILOZOFICE FUNDAMENTALE ALE TEORIEI ATOMULUI

Intruoît in cele ce urmează va fi vorba despre influenţele filozofice ale descoperirii lui Planck, se ridică întîi următoarea problemă : ce legătură poate avea o descoperire ştiinţifică specială cu problemele filozofice generale. Evident, o asemenea relaţie este posibilă numai atunci cînd prin descoperirea respectivă se pun sau se soluţionează probleme de un tip foarte general, probleme care vizează nu atît un domeniu special al ştiinţei, cît mai ales metoda ştiinţifică sau premisele fundamentale ale tuturor ştiinţelor, în fizică exemplul celebru al acestei posibilităţi îl constituie mecanica lui Newton, care la începutul epocii moderne a pus din nou problema semnificaţiei pe care ar putea-o avea în general termenul de „înţelegere" sau „explicare" a naturii. Influenţa extraordinară a Principiilor lui Newton asupra gîndirii ki secolele următoare nu s-a întemeiat pe axiomele speciale sau pe rezultatele acestei mecanici newto- niene — de exemplu pe formula cunoscută : Forţa = Masa X Acceleraţia —, ci pe faptul că pentru prima dată au putut fi descrise matematic evenimentele naturale în succesiunea lor temporală, deci pe dovada că o asemenea descriere matematică a naturii este principial posibilă.

Dacă în acest fel descoperirile speciale din ştiinţele naturii pot cîştiga o înrîurire asupra gîndirii unor secole întregi, atunci această înrîurire se exprimă nu prin aceea că descoperirile respective ar putea cumva să determine o opţiune pentru unul din diferitele sisteme filozofice care se contrazic sau că ele ar crea un fundament mai sigur pentru un nou asemenea sistem. Conexiunea ştiinţelor naturii cu filozofia nu poate deveni niciodată atît de strînsă. x\şadar, nici consideraţiile care urmează nu trebuie înţelese greşit, în sensul că adoptînd teoria cuantică sau teoria atomului se ia poziţie în favoarea sau împotriva unuia sau altuia dintre sistemele filozofice din trecuţ sau de astăzi. Interesul cercetătorului naturii pentru modul de gîndire filozofic este de alt gen. Pe el îl interesează înainte de toate punerea problemelor şi abia în al doilea rînd răspunsurile. Punerea

unei probleme în filozofie i se pare valoroasă, dacă ea a fecundat dezvoltarea gîndirii umane. In majoritatea cazurilor, răspunsurile nu pot fi decît condiţ-'onate de timp ; ele trebuie să-şi piardă din semnificaţie odată cu lărgirea cunoştinţelor noastre asupra lucrurilor în decursul timpului. -Mai ales încercările de a ridica anumite răspunsuri determinate la rangul de dogmă contravin spiritului ştiinţelor naturii. Trebuie să încercăm de aceea, dimpotrivă, să învăţăm fără prejudecăţi şi cît mai mult cu putinţă din faptele noi şi din vechile şi noile moduri de a pune problemele.

După aceste observaţii preliminare putem să ne întrebăm care este semnificaţia filozofică a descoperirii lui Planck. Ce întrebări de natură generală s-au ridicat atunci datorită unei cunoştinţe despre problema totuşi foarte specială a radiaţiei termice ? Ce semnificaţie poate avea
8ttv2 hv c3
ehT-l
pentru filozofie ? Caracterul fundamental al noului care a pătruns în 1900 prin Planck în ştiinţele moderne ale naturii ar fi poate cel mai bine pus în evidenţă dacă arătăm că astfel a fost pusă din nou în discuţie problema care îi opusese încă cu două milenii şi jumătate în urmă pe Platon şi Democrit şi care a marcat punctul decisiv al diferenţei de opinii dintre aceşti filozofi.

Trebuie mai întîi să aruncăm o scurtă privire asupra istoriei filozofiei atomiste din Grecia antică. Gîndirea sistematică a filozofilor naturii, din Grecia, de la Thales pînă la Democrit, a dus în cele d'n urmă la întrebarea privind cele mai mici părţi ale materiei. In locul polarităţii Fiinţare-Neant, care la Parmenide sfîrşea într-un paradox, Democrit a pus polaritatea dintre plin şi <gol, adică dintre atomi şi spaţiul vid. Existenţa era, după Democrit, prezentă de o infinitate de ori tocmai ca partea componentă cea mai mică, neschimbătoare şi indivizibilă a materiei. Fenomenele de diferite genuri din lume se explicau prin mişcarea şi compunerea diferită a atomilor în spaţiul vid. La fel cum o tragedie şi o comedie pot fi scrise cu aceleaşi litere, tot astfel, după Democrit, din aceiaşi atomi se pot

realiza evenimente de genuri foarte diferite. Despre esenţa atomilor, de ce ei sînt tocmai astfel, şi nu altfel nu s-a mai întrebat. Atomii reprezentau simplul dat, erau indivizibili, neschimbători, existentul propriu-zis, prin care se pot explica toate, dar care el însuşi nu mai are nevoie de vreo explicaţie.
Pv =
formula lui Planck
Platon a preluat şi el elemente esenţiale din teoria atomistă. Celor patru elemente — pă- mîntul, apa, aerul şi focul — le corespund la
Platon patru genuri de particule elementare. Aceste particule elementare sînt, după Platon, obiecte matematice fundamentale de o înaltă simetrie. Cele mai mici particule ale clementului pămînt erau reprezentate prin cuburi, cele ale elementului apă prin icosaedre, cele ale elementului aer prin octaedre şi, în fine, cele ale elementului foc prin tetraedre. Dar aceste particule elementare nu sînt la Platon indivizibile. Ele pot fi descompuse în triunghiuri şi apoi re-compuse din triunghiuri. De aceea se poate ca, de exemplu, din două particule elementare de aer şi o particulă elementară de foc să se construiască o particulă elementară de apă. Triunghiurile înseşi nu sînt materie, ele sînt doar formă matematică. La Platon, particula elementară nu reprezintă pur şi simplu datul, neschimbătorul şi indivizibilul ; ea are nevoie, la rîndul ei, de o explicaţie, iar problema „de ce"-ului particulelor elementare este redusă de Platon la matematică. Particulele elementare au forma pe care le-o atribuia Platon deoarece aceasta este matematic cea mai frumoasă şi cea mai simplă formă. Rădăcina ultimă a fenomenelor este, aşadar, nu materia, ci legea matematică, simetria, forma matemat:că. Lupta pentru primatul formei, al figurii, al Ideii, pe de-o parte, asupra materiei, a existentului material, pe de altă parte, sau, invers, al materiei asupra ideii, deci lupta între idealism şi materialism a pus mereu în mişcare gîndirea umană de-a lungul istoriei filozofiei. Cercetătorului din ştiinţele naturii poate să i se pară uneori că diferenţa dintre cele două concepţii nu prea este

importantă. Dar încă Platon a s'mţit că această opoziţie este atît de profundă încît, se spune, el şi-a exprimat dorinţa ca lucrările lui Democrit să fie arse.
Ce are însă de-a face descoperirea lui Planck cu această problemă străveche ? Pentru chimia secolului al XlX-lea, atomii erau daţi ca părţile cele mai mici ale elementelor chimice. Ei nu mai reprezentau un obiect al cercetării. Caracteristica discontinuităţii, care s-a manifestat in structura atomară a materiei, trebuia să fie primită la început fără explicaţie. Descoperirea lui Planck a evidenţiat însă că acest element de discontinuitate mai apare şi în alt loc, şi anume în radiaţia termică, unde în mod sigur nu mai poate fi conceput ca o consecinţă a structurii atomare a materiei. Cu alte cuvinte, descoperirea lui Planck a evidenţiat ideea că această caracteristică a discontinuităţii în procesele naturale, care se exprimă independent în existenţa atomilor şi în radiaţia termică, ar trebui înţeleasă ca o consecinţă a unei legi mai generale a naturii. Cu aceasta reapare în ştiinţele naturii ideea lui Platon că structurii atomare a materiei îi stă la bază, în cele din urmă, o lege matematică, o simetrie matematică. Existenţa atomilor sau a particulelor elementare ca expresie a unei structuri matematice, aceasta era noua posibilitate pe care a indicat-o Planck prin descoperirea sa, iar aici el atinge probleme filozofice de bază.
Desigur, drumul pînă la o înţelegere reală a acestor corelaţii era încă foarte lung. Mai întîi, s-a scurs încă un sfert de secol pînă cînd, pe baza teoriei lui Bohr asupra structurii atomului, s-a putut da o formulare matematică ne- contradictorie teoriei cuantice a lui Planck. Dar chiar şi cu aceasta eram încă foarte departe de o înţelegere completă a structurii materiei.
Odată cu descoperirea lui Planck s-a recunoscut, oricum, posibilitatea unui tip complet nou de lege a naturii, şi cu aceasta revenim la probleme fizice speciale. Legile naturii care fuseseră formulate matematic anterior, cum ar fi cele din mecanica newtoniană sau din termodinamică, conţineau ca aşa-numite ,,constante" numai proprietăţile corpurilor la care trebuiau să fie aplicate. Nu existau în ele

constante avînd caracterul unei măsuri universale. Legile mecanicii lui Newton, de exemplu, puteau fi aplicate în principiu la mişcarea unei pietre în cădere, la traiectoria Lunii în jurul Pămîntului sau la ciocnirea unei particule elementare. Peste tot se părea că fenomenele se petrec identic. Teoria lui Planck conţine însă aşa-numita „cuantă de acţiune a lui Planck". Cu aceasta a fost introdusă o anumită măsură în natură. A devenit clar că fenomenele din acel domeniu în care acţiunile sînt foarte mari în raport cu cuanta de acţiune a lui Planck se desfăşoară în mod fundamental altfel decît acolo unde ele sînt comparabile cu cuanta de acţiune a lui Planck. Deoarece evenimentele experienţelor noastre zilnice au de-a face întotdeauna cu acţiuni care sînt foarte mari faţă de constanta lui Planck, s-a conceput posibilitatea ca fenomenele din domeniul atomic să manifeste caracteristici care scapă intuiţiei noastre nemijlocite. Era posibil să avem de-a face cu fenomene ale căror mani-festări să poată fi observate experimental şi analizate raţional cu mijloacele matematicii, dar despre care să nu ne mai putem face nici o imagine. Caracterul neintuitiv al fizicii atomice moderne se întemeiază, în ultimă instanţă, pe existenţa cuantei de acţiune a lui Planck, pe existenţa unei măsuri de ordinul atomic în legile naturii.

La puţini ani după descoperirea lui Planck au fost formulate pentru a doua oară legi ale naturii care conţin o asemenea constantă a măsurii. Această a doua constantă, viteza luminii, era dealtfel cunoscută fizicienilor încă de multă vreme. Rolul ei fundamental, de măsură, în legile naturii a fost înţeles însă de-abia odată cu teoria relativităţii a lui Einstein. Intre spaţiu şi timp, forme aparent total independente ale intuiţiei în care percepem fenomenele, există relaţii, iar în formularea matematică a acestor relaţii viteza luminii apare drept constanta caracteristică. Experienţa noastră zilnică are întotdeauna de-a face cu mişcări care se desfăşoară lent în raport cu viteza luminii. De aceea, nu este surprinzător, intuiţia noastră eşuează în raport cu evenimente care se produc cu viteze apropiate de viteza luminii. Viteza luminii este o

măsură pusă de natură, care ne informează nu asupra unor lucruri determinate din natură, ci asupra structurii generale a spaţiului şi timpului. Această structură nu mai este însă nemijlocit accesibilă intuiţiei noastre.
După ce s-a recunoscut semnificaţia fundamentală a ambelor constante universale ale naturii, cuanta de acţiune a lui Planck şi viteza luminii, s-a impus întrebarea cîte asemenea constante independente ale naturii ar putea să existe în general. Răspunsul este că trebuie să existe cel puţin trei asemenea constante, dar că probabil toate celelalte constante ale naturii ar putea fi reduse, prin relaţii matematice deocamdată parţial necunoscute, la acestea trei. Calea cea mai simplă pentru un fizician sau un tehnician de a se convinge că trebuie să existe tocmai trei asemenea unităţi de măsură naturale independente este de a-şi aminti că şi sistemele de măsură fizice sau tehnice comune conţin întotdeauna trei asemenea unităţi de măsură, cum ar fi unitatea de măsură pentru lungime, pentru timp, pentru masă : centimetrul, secunda şi gramul. Dacă s-ar dori să se înlocuiască aceste trei unităţi de măsură instituite prin convenţie prin unităţi de măsură naturale, ar trebui să se adauge cuantei de acţiune a lui Planck şi vitezei luminii încă o constantă. Structura atomară a materiei sugerează să se aleagă ea a treia unitate o lungime de ordinul de mă-rime atomic, cum ar fi lungimea de ordinul -diametrului nucleului unui atom simplu. O formulare precisă a acestei unităţi de lungime poate fi dată însă numai atunci cînd se va reuşi să se exprime matematic acele legi ale naturii în care unitatea de lungime să apară ca mărime esenţială. Din nou este de aşteptat ca noţiunile noastre intuitive să fie aplicabile numai la fenomenele care se petrec în spaţii care sînt mari ale naturii şi arta modernă ? Ce putem învăţa din ştiinţele moderne ale naturii pentru rezolvarea vechilor probleme filozofice ? Nu am încercat să dăm un răspuns sistematic la aceste întrebări. Este vorba mai degrabă de a medita, pornind de la domeniul fizicii atomice, la acele aspecte care datorită importanţei deosebite a problemelor nu puteau fi abordate în limitele trasate de ştiinţele speciale.

Discursurile şi articolele din această culegere au apărut deja, în marea lor majoritate, în alte părţi. Reunirea lor sub forma unei cărţi poate însă reliefa o caracteristică ce nu este suficient de evidentă în cadrul fiecărui text în parte, şi anume aceea că experienţele din evoluţia fizicii atomice au condus aproape de la sine la o modalitate de gîndire unitară în premisele ei fundamentale, care se deosebeşte în unele privinţe în mod esenţial de gîndirea anterioară din ştiinţele naturii. Această unitate se realizează prin aceea că în locul alternativei pure, care, în rigurozitatea ei, adesea nu corespundea realităţii, apare o modalitate complementară de analiză, care face mai uşoară considerarea unei probleme din perspective diferite, împiedicîndu-ne astfel să vorbim pripit despre opoziţii insurmontabile. Nu este vorba aici de dispariţia contururilor clare ale gîndirii natural-ştiinţifice anterioare, ci de o pătrundere mai subtilă în posibilităţile, la început ascunse, ale acestei gîndiri. Fiecare articol în parte poate fi considerat ca o încercare de a extinde acest mod de gîndire asupra unor domenii din afara cadrului mai limitat al ştiinţelor naturii.

Wemer Heisenberg

Iulie 1971 în raport cu acea unitate de lungime atomică şi ca, dimpotrivă, în domeniul celei mai mici lungimi, cum a mai fost numită această constantă, evenimentele să se desfăşoare într-un mod esenţial diferit faţă de lumea noastră obişnuită.

Dar cu aceste reflecţii depăşim cu mult evoluţia aşa cum s-a înfăptuit ea realmente în deceniile trecute. La început, descoperirea lui Planck a relevat doar posibilitatea de a reduce structura atomică a naturii la legi ale naturii matematic formulabile, adică la forme matematice. Deşi pe atunci nu se putea imagina despre ce fel de forme matematice ar fi vorba în ultimă instanţă, totuşi prin aceasta fizicii atomice i s-a fixat un obiectiv. Cercetătorii naturii au fost orientaţi spre acel pisc încă îndepărtat al teoriei atomice de pe care pot fi recunoscute drept consecinţe ale structurilor matematice simple nu numai existenţa particulelor elementare şi a tuturor formaţiilor

atomare constituite din acestea, ci, totodată, în mod indirect, raporturile fizice ale lumii în general. în acest punct se întîlneau speranţele fizicienilor atomişti cu dorinţa lui Albert Einstein, care formulase în anii '20 un plan de a ajunge, pornind de la teoria generală a relativităţii, la o teorie unitară a cîmpului. Existenţa paralelă a unor cîmpuri de forţă diferite între ele şi aparent independente era o sursă de insatisfacţie încă de la geneza teoriei einsteiniene a gravitaţiei. Fizicienii cu-noşteau de multă vreme drept cîmpuri de forţă cîmpul gravific şi forţele electromagnetice. In secolul nostru, acestora li s-au adăugat undele de materie — care pot fi denumite şi cîmpuri de forţă ale legăturilor chimice — şi, în fine, diferitele cîmpuri care corespund în sensul teoriei cuantice diferitelor particule elementare descoperite în ultimele decenii. Einstein spera că toate aceste cîmpuri de forţă vor putea fi concepute ca dovezi ale structurii geometrice variabile a spaţiului şi t'mpului şi că ele vor putea fi reduse prin corelaţia dintre geometrie şi materie la o rădăcină comună.

în această încercare, Einstein considera ca fundamentală interpretarea cîmpului gravitaţional încercată în cadrul teoriei generale a relativităţii printr-o geometrie dependentă de loc, în timp ce legităţile cuantice descoperite de Planck îi apăreau ca secundare. Einstein nu a putut să admită validitatea formulării matema- t;ce de un gen cu totul diferit a teoriei cuantice a lui Planck, despre care va trebui să mai vorbim în continuare, deoarece ea nu corespundea ideilor sale filozofice despre sarcinile ştiinţelor exacte ale naturii. Lui i se părea nesatisfăcător că legile naturii trebuiau să se raporteze nu la procese obiective, ci la posibilitatea, la probabilitatea unor asemenea procese. Pe de altă parte, fizicienilor atomişti teoria cuantică a lui Planck le-a apărut ca adevărata cheie pentru înţelegerea corelaţiilor. De aceea, ei trebuiau să încerce să ajungă la o teorie unitară a cîmpului pe drumul care trecea prin teoria cuantică a particulelor elementare. Opoziţia dintre forţă şi substanţă, care jucase un anumit rol în filozofia naturii a secolului al XlX-lea, era de mult

depăşită în teoria cuantică prin dualismul analizat matematic al undei şi corpusculului sau al cîmpului de forţă şi particulelor elementare materiale, astfel încît drumul care pleca de aici spre o teorie unitară a cîmpului şi materiei părea a fi în esenţă deschis.
înainte de a urmări porţiunea din acest drum parcursă pînă acum şi, totodată, evoluţia ultimilor zece ani, trebuie să examinăm din nou situaţia epistemologică creată prin descoperirea lui Planck şi prin formularea ei matematică precisă din deceniul al treilea. A fost vorba mai sus despre un nou tip de lege a naturii, în care apar unităţi de măsură date în natură. Poate ar trebui să se spună mai corect că este vorba despre structuri fundamentale ale naturii care sînt formulabile matematic, deoarece chiar şi conceptul de lege este oarecum prea îngust pentru a cuprinde aceste corelaţii foarte generale. Am menţionat două asemenea sfere de corelaţii : teoria cuantică şi teoria relativităţii. Aceste două teorii au produs modificări decisive în imaginea noastră asupra lumii, deoarece ele ne-au clarificat faptul că reprezentările intuitive prin •care sesizăm lucrurile experienţei noastre cotidiene sînt valide numai într-un domeniu limitat al experienţei, că ele deci nu aparţin absolut deloc premiselor irefutabile ale ştiinţelor naturii.
In teoria cuantică este vorba în mod special de problema descrierii obiective a proceselor fizice. In fizica anterioară, măsurarea era calea pentru constatarea stărilor de lucruri obiective, independente de procesul însuşi de măsurare. Aceste stări de lucruri obiective puteau fi descrise matematic, iar dependenţa lor cauzală era astfel riguros stabilită. In teoria cuantică, mă-surarea însăşi reprezintă tot o stare de lucruri obiectivă, la fel ca şi în fizica anterioară, dar concluzia măsurării asupra mersului obiectiv al evenimentelor atomare de măsurat devine problematică, deoarece măsurarea intervine în producerea fenomenelor şi nu mai poate fi separată de aceste fenomene. O descriere intuitivă a proceselor atomice, aşa cum se dorea în fizică cu 50 de ani înainte, devine, din această cauză, imposibilă. Noi nu putem să concepem

procesele naturale din domeniul atomic în.acelaşi mod în care facem aceasta cu procesele din macrocos- mos. Dacă folosim conceptele obişnuite, atunci aplicabilitatea lor este limitată de aşa-numitele „relaţii de nedeterminare". Cu privire la comportarea ulterioară a proceselor atomice putem, de regulă, doar să prezicem probabilitatea ei. Formulele matematice nu vor mai descrie eve-nimentele obiective, ci probabilităţile producerii anumitor evenimente. Nu fenomenul însuşi, ci posibilitatea lui — „potentia", dacă dorim să

PERSONALITĂŢI

OPERA ŞTIINŢIFICA A LUI ALBERT EINSTEIN *

Albert Einstein a fost cel mai renumit cercetător al naturii din epoca noastră. Probabil că niciodată nu a existat în istoria ştiinţei un savant pe care să-l fi cunoscut încă în timpul vieţii lui o mulţime atît de mare de oameni, dar a cărui operă capitală să fi fost atît de puţin înţeleasă cum a fost cazul lui Albert Einstein şi al teoriei sale a relativităţii. In ciuda acestei situaţii, renumele lui este în întregime justificat. Căci, asemenea lui Leonardo sau lui Beethoven în artă, Einstein a trăit la o răscruce de vremi în ştiinţele naturii : lucrările sale sînt prima expresie a acestei cotituri, de aici rezul- tînd şi impresia că el însuşi ar fi determinat cotitura ai cărei martori am fost în prima jumătate a secolului nostru.

Numele lui Einstein a devenit cunoscut din- tr-o dată lumii fizicienilor, atunci cînd între 1905 şi 1907 el a apărut în patru domenii diferite ale fizicii cu lucrări noi, deschizătoare de drumuri. Una dintre ele se referea la semnificaţia interpretării atomiste a termodinamicii. Deja de multă vreme se ştia că particulele de praf fine — vizibile doar cu ajutorul unor microscoape puternice — prezente în fluide efectuează permanent mişcări neregulate, feno-

* Apărut iniţial în Universitas, voi. 10 (1955), nr. 9, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H., p. 987—909.

men care atrăsese atenţia fizicienilor sub numele de „mişcare browniană". Einstein a reuşit, împreună cu fizicianul polonez Smoluchowski, să explice această

mişcare prin mişcarea termică a atomilor şi moleculelor şi să arate cum din mişcările neregulate ale particulelor de praf am putea să aflăm ceva despre mişcarea termică şi, prin aceasta, indirect şi despre mărimea moleculelor. Această lucrare a contribuit decisiv la consolidarea încrederii în ipoteza atomică a noii fizici.
Intr-o a doua lucrare, Einstein a reluat cercetările fizicianului olandez Lorentz asupra electrodinamicii corpurilor în mişcare. In acea vreme, fizicianul american Michelson arătase, în 1902, prin renumitul său experiment de in-terferenţă, că mişcarea Pământului în spaţiu — sau, cum se spunea pe atunci, mişcarea sa în raport eu eterul — nu este observabilă în cadrul experimentelor optice. Lorentz a dezvoltat, pe baza analizei matematice a situaţiei create de experienţa lui Michelson, anumite formule de transformare, aşa-numitele transfor- mări-Lorentz, din care a dedus că obiectele aflate în mişcare se contractă aparent în direcţia mişcării într-un mod determinat, iar ceasurile aflate în mişcare indică un timp aparent care se scurge mai încet decît cel real. Cu ajutorul acestor ipoteze, Lorentz a putut interpreta rezultatul lui Michelson, dar, în ansamblu, formulele sale păreau de neînţeles din punct de vedere fizic şi, din această cauză, nesatisfăcătoare. Aici a intervenit Einstein, rezolvînd printr-o lovitură magică toate dificultăţile. El a admis că obiectele se contractă realmente în direcţia mişcării şi că timpul aparent al formulelor lui Lorentz este timpul adevărat; că aceste formule ne mijlocesc deci o nouă cunoaştere a spaţiului şi timpului. Prin aceasta s-au pus bazele teoriei relativităţii.
Va fi întotdeauna dificil de înţeles de ce aceste modificări, aparent atît de neînsemnate, au avut consecinţe de o importanţă de-a dreptul excepţională. Mai întîi trebuie relevat că aceste modificări presupun o realizare intelectuală neobişnuită. Căci pînă atunci ideea că spaţiul şi timpul ar fi două scheme de ordonare calitativ diferite, două forme ale intuiţiei în care ne apare lumea, dar între care nu există nici o legătură nemijlocită, era una dintre premisele de la sine înţelese ale ştiinţelor naturii. In orice caz, părea că există un singur timp, acelaşi pentru întregul

univers, pentru toate fiinţele vii ca şi pentru întreaga materie moartă. Tocmai pe baza acestor premise de la sine înţelese s-a dez-voltat întreaga fizică după Newton, iar marile succese ale acestei ştiinţe trebuiau să fie considerate dovezi ale justeţii — astăzi am spune mai prudent : ale considerabilei justeţi — a acestor premise. Einstein a avut curajul neobişnuit de a pune la îndoială toate aceste premise şi, totodată, a avut puterea intelectuală de a cerceta cum se poate ajunge la o ordonare neeontradictorie a fenomenelor şi pe baza altor premise. în acest context, încă în 1906 i s-a dezvăluit ca una dintre cele mai importante consecinţe inerţia energiei sau, cum se mai spune uneori, imprecis, egalitatea dintre masă şi energie. Tocmai această consecinţă a teoriei relativităţii i-a adus acesteia pentru prima dată recunoaşterea de către fizicieni şi a stîrnit admiraţia lor. De mai multă vreme se ştia, din cercetările asupra proprietăţilor electronilor, că energia electromagnetică conţinută în electron contribuie şi la inerţie, adică la masa electronului. Dar raportul dintre inerţie şi energie părea să depindă într-un mod complicat de ipotezele asupra configuraţiei electronului. Teoria relativităţii a creat aici dintr-o dată relaţii clare şi simple. Desigur, pe atunci părea exagerat să se accepte că, de exemplu, un ceas devine mai greu atunci cînd este întors şi de fapt aici este vorba, de regulă, despre valori de masă nemăsurabil de mici. Căci, după teoria relativităţii, unei valori de masă foarte mici îi corespunde o valoare foarte mare a energiei. Intre timp însă, legătura dintre masă şi energie a devenit un efect măsurabil, chiar dacă foarte aproximativ. Diferenţa de masă dintre nucleul unui atom de uraniu şi cele două părţi ale sale rezultate după fisiune a devenit mai mult decît evidentă, din păcate, ca energie eliberată în cazul unei explozii atomice. Deci justeţea teoriei relativităţii nu mai poate fi pusă la îndoială în această privinţă.

In perioada 1905—1907 au apărut alte două lucrări importante ale lui Einstein, şi anume în domeniul teoriei cuantice. După ce, în 1900, Planck formulase ipoteza că lumina este absorbită sau emisă de atomi nu în mod

continuu, ci discontinuu, în cuante finite, el a încercat mereu, în ciuda tuturor contradicţiilor evidente, să concilieze această ipoteză cu teoria ondula- torie a luminii, admisă încă din vremea lui Huygens. Einstein a pus capăt tentativelor de acest gen şi, ca în cazul teoriei relativităţii, a făcut din dificultăţile existente punctul nodal al teoriei, opunînd teoriei ondulatorii ipoteza cuantică a luminii. Conform acestei ipoteze, lumina constă nu din unde, ci din mici corpuscule care se mişcă rapid, pe care le-am putea concepe ca pachete de energie sau, cum zicea Einstein, cuante de lumină. Einstein ştia foarte bine că pe baza unor asemenea reprezentări nu se pot interpreta difracţia şi interferenţa luminii, dar el a recunoscut că existenţa cuantelor de lumină aparţine într-o anumită manieră încă neînţeleasă fenomenului „lumină". Abia mult mai tîrziu, după desăvîrşirea teoriei cuantice, la jumătatea deceniului al treilea, s-a reuşit să se înţeleagă corect corelaţia dintre teoria ondu- latorie şi ipoteza cuantică a luminii.
In fine, Einstein a folosit cu succes ipotezele fundamentale ale teoriei cuantice pentru a interpreta căldura specifică a corpurilor solide în dependenţa ei de temperatură. Şi aici lucrarea lui Einstein a reprezentat primul progres decisiv faţă de vechile principii ale teoriei clasice a căldurii.
Prin aceste patru lucrări, mărturii ale unor puteri şi capacităţi de concentrare cu totul neobişnuite, s-a întemeiat renumele lui Einstein ca unul dintre cei mai proeminenţi cercetători contemporani ai naturii. Teoria relativităţii, în ciuda numeroaselor critici la care a fost supusă, s-a dovedit tot mai mult a fi temelia solidă a întregii fizici moderne.
Acea parte a teoriei relativităţii despre care am vorbit pînă acum, aşa^numita „teorie specială a relativităţii", este opusă în fizică unei generalizări pe care Einstein însuşi a realizat-o în 1916. Aici, în „teoria generală a relativităţii", este vorba de încercarea de a pune în legătură fenomenele gravitaţionale cu raporturile de masă în universul spaţio-temporal cvadridi- mensional. Einstein a plecat în aceste cercetări de la egalitatea dintre masa inertă şi masa grea, egalitate stabilită experimental. Realizînd o legătură

extrem de îndrăzneaţă între ideile sale fizice şi consideraţiile lui Riemann asupra geometriei, el a conceput cîmpurile gravitaţionale ca o abatere — de la geometria euclidiană — a geometriei în continuul spaţio-temporal cvadri- dimensional şi a reuşit cu ajutorul acestei ipoteze să explice nu numai mecanica cerească obişnuită, ci şi anumite amănunte, pînă atunci neînţelese, ale mişcării planetelor în jurul Soarelui. Una dintre excepţionalele reuşite ale acestui gînditor înclinat spre abstracţie a fost şi descoperirea faptului că acceptarea unei geometrii neeuclidiene poate fi şi aici pusă de acord cu fenomenele observate şi că, poate — ceea ce este încă inaccesibil observaţiilor noastre —, universul fizic are numai o extensie finită.

In ultimul deceniu al vieţii sale, Einstein a publicat cu precădere articole cu conţinut filozofic sau politic, care, deşi nu aparţin nemijlo- folosim acest concept al filozofiei lui Aristo- tel — este supusă legilor stricte ale naturii. Asupra acestei laturi a teoriei cuantice s-a vorbit adesea, şi nu aş dori să tratez aici exhaustiv această teorie. De asemenea nu vreau să vorbesc nici despre istoria acestei deveniri, legată în primul rînd de numele lui Bohr, Born, Jordan şi Dirac ; la fel, nici despre dezvoltarea mecanicii ondulatorii de către de Broglie şi Schrodinger.

Dacă se consideră că pasul de la fizica clasică la teoria cuantică este definitiv, dacă se acceptă astfel că ştiinţele exacte ale naturii vor cuprinde şi în viitor în fundamentele lor conceptul de probabilitate sau de posibilitate, de „potentia", atunci unele probleme din filozofia antică apar într-o altă lumină ; şi invers, înţelegerea teoriei cuantice poate fi adîncită prin studierea respectivelor formulări antjce ale problemelor. Relaţia cu conceptul de „potentia" din filozofia lui Aristotel a fost deja amintită. Dar şi cu filozofia epocii moderne, în diferitele ei sisteme, se dovedesc o serie de corelaţii, care aici nu pot fi atinse decît în treacăt ; la o tratare amănunţită şi atentă trebuie să renunţăm.

In filozofia lui Descartes a jucat un rol hotă- rîtor opoziţia dintre ,,res cogitans" şi „res ex- tensa", scindarea lumii

exprimată în această pereche de concepte influenţînd în cel mai înalt grad gîndirea secolelor următoare. In fi-zica cuantică teoretică această opoziţie apare oarecum altfel decît înainte. Ea pare mai puţin categorică, întrucît această fizică ne-a obligat să gîndim în diferite scheme conceptuale care se află una faţă de alta în acel raport exprimat de Bohr prin conceptul de „complementaritate". Pe de o parte schemele conceptuale se pot exclude, pe de alta se pot completa reciproc, astfel încît unitatea deplină devine evidentă numai prin jocul diferitelor scheme. Cum poate fi posibil acest fapt ne-o arată fără cea mai mică neclaritate matematica teoriei cuantice. In comparaţie cu fizica clasică, teoria cuantică se îndepărtează de acea divizare categorică a lumii din filozofia lui Descartes.
Kant a acordat aşa-numitelor „judecăţi sintetice a priori" şi formelor apriorice ale intuiţiei un loc central în filozofia sa. In noua interpretare a teoriei cuantice, chiar şi conceptele fundamentale ale fizicii sînt recunoscute ca elemente apriorice. In această măsură, teoria cuantică conţine un aspect considerabil de kantianism. Dar în acelaşi timp i se atribuie aprioricului numai o semnificaţie relativă, deoarece, în opoziţie cu concepţia lui Kant, chiar şi conceptele apriorice nu mai reprezintă fundamente imuabile ale ştiinţelor exacte ale naturii.
Elementele pozitiviste din teoria relativităţii şi din teoria cuantică au fost adesea relevate. Ideile lui Mach, în special, au fertilizat fără îndoială continuu evoluţia fizicii după descoperirea lui Planck. Dar nici această influenţă nu trebuie supraapreciată. Teoria cuantică în interpretarea ei general-admisă astăzi nu consideră deloc că impresiile senzoriale ar fi datul primar, aşa cum făcea pozitivismul. Dacă am vrea să denumim ceva ca dat primar, atunci în teoria cuantică acesta este realitatea, care poate fi descrisă cu conceptele fizicii clasice.
Deoarece teoria cuantică a apărut în corelaţie cu teoria atomului, ea este strîns legată, în pofida structurii sale epistemologice, de filozofiile care situează materia în punctul central al sistemului lor. însă dezvoltarea din ultimii ani, despre care vom vorbi mai tîrziu, evidenţiază

foarte clar — dacă ţinem în general să facem o comparaţie cu filozofia antică — o întoarcere de la Democrit la Platon. Tocmai descoperirea lui Planck ne sugerează că structura atomară a materiei poate fi concepută ca expres e a unor configuraţii matematice în legile naturii.
In afară de aceasta, analiza epistemologică a teoriei cuantice, în special în forma pe care i-a dat-o Bohr, conţine multe trăsături care ne amintesc de metodele filozofiei hegeliene.
In fine, s-au realizat diferite studii asupra relaţiilor teoriei cuantice cu logica. Amintesc în special cercetările lui von Weizsăcker. Evident, interpretarea cuantică a proceselor atomare poate fi corelată cu o lărgire a logicii, direcţie care va dobîndi poate pe viitor o semnificaţie foarte generală în ştiinţele exacte ale naturii. Cu aceasta am aruncat doar o privire fugară asupra multiplelor relaţii dintre teoria cuantică şi o serie de probleme filozofice de diferite tipuri, fără a putea, din păcate, să intrăm aici în detalii.
In final trebuie menţionată în amănunt o problemă care aparţine într-o mai mare măsură fizicii şi care a condus la dezvoltarea teoriei cuantice şi a fizicii atomice în secolul nostru. Teoria relativităţii şi teoria cuantică au evidenţiat anumite structuri fundamentale ale naturii, necunoscute înainte. In teoria relativităţii este vorba despre structura spaţiului şi timpului, iar în teoria cuantică de consecinţele faptului că orice măsurare * din domeniul atomic reclamă o acţiune, o intervenţie.
Structura spaţiului şi timpului descoperită în teoria specială a relativităţii ar putea fi pe scurt descrisă astfel : noi putem să cuprindem prin cuvîntul „trecut44 toate evenimentele, despre care noi, cel puţin în principiu, putem afla ceva, iar prin cuvîntul „viitor" toate evenimentele asupra cărora, cel puţin în principiu, am putea acţiona. In reprezentarea noastră intuitivă, aceste două domenii de evenimente sînt despărţite doar printr-un moment temporal infinit de mic, pe care îl numim „clipa prezentă". Din teoria einsteniană ştim însă că acest domeniu al prezentului este finit, că el durează temporal eu atît mai mult cu oît locul evenimentului este mai depărtat

faţă de noi. Aceasta se întemeiază pe faptul că acţiunile nu se pot transmite mai repede decît viteza luminii. Există în acest fel o graniţă spaţio-temporală precisă între evenimentele care pot fi obiectul experienţei noastre şi cele care nu mai pot fi şi o altă graniţă între evenimentele asupra cărora mai putem acţiona şi cele asupra cărora nu mai putem avea nici un fel de influenţă.
Existenţa unei asemenea graniţe stricte nu se potriveşte însă cu structura proceselor fizice dezvăluită de teoria cuantică. Din relaţiile de incertitudine ştim că o determinare a locului necesită o intervenţie cu atît mai puternică cu cît vrem ca ea să fie mai precisă. O determinare infinit de precisă a locului ar presupune chiar o acţiune infinit de mare şi de aceea ea nu se poate realiza. Astfel nu mai este de mirare că acea graniţă precisă afirmată de teoria relati-vităţii conduce la dificultăţi în încercarea de a formula o teorie cuantică a proceselor fizice. •Nici în acest caz nu putem intra în amănunte ; literatura de fizică a ultimilor 25 de ani este însă plină de discutarea acestor dificultăţi şi a contradicţiilor aparente care, prin aşa-numitele „divergenţe", de exemplu, energia proprie infinită a electronilor, au făcut mult timp imposibilă o descriere mulţumitoare a proceselor din domeniul particulelor elementare. Aşadar, teo-ria cuantică şi teoria relativităţii nu pot fi racordate fără dificultăţi.
După rezultatele ultimilor ani avem toate temeiurile să presupunem că unificarea celor două teorii va fi posibilă numai atunci cînd va fi luată în considerare şi a treia structură fundamentală, care este legată de existenţa unei lungimi universale de ordinul de mărime IO-13.
Mai întîi însă trebuie să precizăm ce fel de fenomene fizice avem aici în vedere. Iniţial chimia a atribuit fiecăruia din diferitele elemente chimice cîte un gen de atom. Ulterior, experimentele lui Rutherford şi teoria lui Bohr au arătat că aşa-numitul atom al chimiştilor constă dintr-un nucleu şi un înveliş de elec-troni. Fizica nucleului din deceniul al patrulea ne-a învăţat să concepem nucleul atomului ca o construcţie din protoni şi neutroni. Astfel în cele din urmă au fost recunoscute trei tipuri foarte importante de

particule elementare — protonii, neutronii şi electronii — ca pietre ultime de construcţie ale întregii materii. Experimentele ulterioare au arătat însă că există şi alte tipuri de particule elementare, care se disting de cele amintite mai sus în primul rînd prin faptul că pot exista numai un timp scurt, deoarece se dezintegrează radioactiv foarte repede, adică se transformă în alte particule. Au fost descoperiţi mezonii, hiperonii, iar astăzi cunoaştem cam 30 de tipuri diferite de particule elementare, majoritatea avînd o durată de viaţă foarte scurtă.
Odată cu dobîndirea acestor cunoştinţe s-au ivit două probleme importante. Prima : sînt aceste particule elementare, în special protonii, neutronii, electronii, realmente pietrele de construcţie ultime şi indivizibile ale materiei sau trebuie, din nou, ca şi ele să fie concepute ca fiind compuse din părţi mai mici ? Iar în cazul că sînt cele mai mici particule de ce nu se pot divide mai departe ? A doua : de ce există tocmai aceste particule elementare găsite experimental şi de ce au ele tocmai particularităţile observate ? Ce legi ale naturii cfetermină masele şi sarcinile lor, forţele cu care ele se influenţează reciproc ?
La prima întrebare, fizica actuală dă un răspuns precis : particulele elementare reprezintă realmente ultimele, cele mai mici unităţi ale materiei ; şi ea întemeiază acest răspuns într-o manieră oarecum surprinzătoare. Cum putem constata dacă particulele elementare se pot diviza mai departe ? Singura metodă pentru a decide în privinţa aceasta este încercarea de a le sparge folosind forţele cele mai puternice. întrucât, natural, nu există cuţite sau alte instrumente cu care s-ar putea încerca această împărţire, unica posibilitate care ne rămîne este aceea de a face particulele să se ciocnească între ele cu viteze foarte mari. Se pot realiza practic ciocniri între particulele elementare cu cea mai înaltă energie. Cele mai mari acceleratoare de particule care se construiesc actualmente în diferite părţi ale lumii, de exemplu la Geneva, ca operă comună europeană, în America, în Rusia, servesc tocmai acestui scop. Şi în radiaţia cosmică prezentă în natură se produc asemenea ciocniri. Cu acest prilej, particulele e'ementare

se scindează adesea în multe părţi, dar, şi acesta este faptul surprinzător, părţile nu sînt mai mici sau mai uşoare decît formaţiile elementare oare au fost scindate. Căci energia cinetică înaltă a particulelor care se ciocnesc se poate transforma conform teoriei relativităţii în masă şi ea este folosită pentru generarea unor noi particule elementare. Deci în realitate are loc astfel nu o divizare a particulelor elementare, ci producerea de noi asemenea particule din energia de mişcare a particulelor care se ciocnesc. Astfel, ecuaţia einsteiniană E = m c2 creează posibilitatea ca particulele elementare cunoscute azi să fie realmente cele mai mici construcţii existente.
In acelaşi timp înţelegem prin aceasta că toate particulele elementare sînt, pentru a spune astfel, alcătuite cîin acelaşi substrat, şi anume, dacă doriţi, din energie. A:ci putem găsi o reminiscenţă din filozofia lui Heraclit, după care focul era substanţa primordială din care sînt realizate toate celelalte lucruri. Focul este totodată forţa motrice care menţine lumea în mişcare, şi s-ar putea, pentru a veni la înţelegerea noastră actuală, să identificăm focul cu energia. Particulele elementare ale fizicii moderne pot, la fel ca şi cele ale filozofiei platoniciene, să se transforme unele în altele. Ele însele nu constau din materie, ci sînt singurele forme posibile ale materiei. Energia devine materie prin aceea că ea se transpune în forma unei particule elementare, prin aceea că se manifestă în această formă. Aici avem un ecou al relaţiei dintre Formă şi Materie, care a jucat un rol atît de central în filozofia lui Aristotel. Cu aceasta am ajuns la a doua întrebare : de ce există tocmai aceste particule elementare, şi nu altele ? Această întrebare este identică cu întrebarea privind legea naturală care determină proprietăţile particulelor materiale, iar această lege a naturii trebuie să conţină cea de-a treia unitate de măsură naturală, aşa-numita „lungime minimă". Problemele formulate aici nu sînt încă deloc soluţionate, totuşi poate fi propusă spre dezbatere o schiţă a unei asemenea teorii a particulelor elementare, care va trebui să fie verificată şi dezvoltată prin cercetările din anii următori.

Mai întîi însă trebuie să ne referim la progresele cercetării în anii trecuţi. Încă cu 15 ani în urmă, Dirac, în Anglia, a indicat posibilitatea de a se rezolva „dificultăţile divergenţelor" din teoria cuantică a cîmpului, despre care am vorbit mai înainte pe scurt, prin admiterea unei noi unităţi imaginare, o rădăcină pătrată din —1, în reprezentarea matematică sau, pentru a ne exprima într-un limbaj matematic mai precis, atribuindu-i spaţiului hilbertian al teoriei cuantice a cîmpului o metrică indefinită. Evident, o asemenea introducere însemna o adîncă modificare structurală a teoriei, şi, după scurt timp, Pauli a putut arăta, la Zurich, că o asemenea teorie nu ar mai putea fi interpretată fizic. Căci mărimile care, altfel, în teoria cuantică erau interpretate ca probabilităţi de apariţie a unui eveniment pot deveni negative în formularea lui Dirac, iar o probabilitate negativă este sub raport fizic un concept lipsit de sens. In ciuda acestui fapt, cu aproape cinci ani în urmă, la Gottingen, am reluat această idee a lui Dirac în speranţa că formalismul matematic se va putea dezvolta în următoarea manieră : ecuaţia fundamentală a materiei trebuie, după cum s-a mai accentuat de cîteva ori, să conţină acea unitate de măsură care a fost introdusă ca lungime de ordinul IO'15 cm. Oare nu ar fi posibil ca metrica indefinită să fie folosită în aşa fel încît probabilităţile negative să apară numai în problemele legate de comportamentul fizic în dimensiuni spaţiale de ordinul de mărime 10~13 cm, iar în problemele referitoare la domenii spaţiale şi temporale mult mai mari toate probabilităţile calculate să devină din nou pozitive, astfel încît formulele să se preteze unei interpretări fizice ? Astfel, greutăţile ar fi eliminate, căci referitor la procesele clin cele mai mici domenii spaţiale nu putem nici măcar formula probleme ; prin aceasta înţelegem că procesele din cele mai mici domenii spa- ţio-temporale nu pot fi observate nemijlocit, iar concluziile inverse de la observaţiile la aceste procese nu mai pot fi realizate eu ajutorul conceptelor fizicii obişnuite. Ca urmare, aceste procese se sustrag oricărei descrieri intuitive. Această posibilitate a fost apoi studiată în amănunt într-un model

matematic simplificat — amintesc aici cercetările lui Mitter, Kortel şi Ascoli la Gottingen —, şi a reieşit că o asemenea folosire a propunerii lui Dirac este efectiv posibilă fără să apară contradicţii. Aceste cercetări au relevat, totodată, că un asemenea model simplificat indică deja trăsăturile esenţiale ale acelei teorii unitare a oîmpului care trebuie să formeze obiectivul final al cercetărilor. De exemplu, cîmpurile electromagnetice au rezultat ca o consecinţă a cîmpului material, iar cîm- pul material s-a manifestat în particulele elementare, care evidenţiau proprietăţi analoge cu cele observate realmente.

O contribuţie extrem de importantă la problema materiei a fost apoi descoperirea făcută de cei doi fizicieni chinezi Lee şi Yang : cîmpurile electromagnetice sînt corelate într-un mod complet neaşteptat cu spinul inerent particulelor elementare. De exemplu, există aşa-numiţii „mezoni — 7t" cu sarcină pozitivă, care se dezintegrează radioactiv. Mezonii - y-, electronii şi neutrinii care apar la dezintegrare manifestă o anumită polarizare, corespunzătoare oarecum unui spin de dreapta. Nu există me- zoni - re cu sarcină pozitivă la a căror divizare să se fi evidenţiat spinul invers. Există însă mezoni -tu de aceeaşi masă cu sarcină negativă, iar la divizarea acestora polarizarea este determinată tocmai de spinul invers. Prin reflexie în oglindă, dintr-o particulă se produce astfel aşa-numita „antiparticulă" care-i cores-punde şi care are exact sarcina electrică opusă. Această descoperire a avut consecinţe deosebit de interesante pentru înţelegerea proprietăţilor unei particule elementare, a cărei existenţă a fost de mai multă vreme prevăzută de Pauli dintr-o analiză a dezintegrării P a elementelor, aşa-numitul neutrino. In studiul acestor consecinţe, Pauli s-a întîlnit, anul trecut, cu o proprietate deosebită de transformare, cu o simetrie matematică pînă acum neobservată a ecuaţiei de undă a neutrinului. Intrucît, aşa cum am accentuat deja la descrierea corpurilor platoniciene, simetria matematică joacă în teoria particulelor elementare un rol deosebit, ne

putem aştepta ca simetria sus-numită să dobîn- deascâ o semnificaţie care depăşeşte ecuaţia specială a neutrinului.
Datele experimentale acumulate cu privire la particulele elementare în ultimele două decenii ne oferă informaţii, chiar dacă indirecte, asupra proprietăţilor de simetrie din ecuaţiile fundamentale ale materiei prin aşa-numitele „reguli de selecţie şi legi de conservare". Prin aceasta se înţeleg următoarele : dacă ştim din experienţă ce particule se pot transforma radioactiv în alte particule determinate, de aici se pot trage concluzii privind proprietăţile de simetrie ale particulelor şi ale legilor care stau la baza lor.
In cercetarea mai sus amintită de la Gottingen, dezvoltînd un model matematic al unei teorii a materiei astfel transformat încît să dea socoteală de regulile de selecţie observabile, am ajuns la o ecuaţie despre care Pauli a putut arăta că ea conţine şi proprietăţile de simetrie găsite de el. Apoi, fizicianul turc Giirsey a arătat că această simetrie a lui Pauli reproduce evident o proprietate caracteristică a sistemelor de particule materiale, care fusese descoperită deja de 25 de ani şi care şi-a găsit o formulare matematică prin conceptul de „spin isotopic" sau „isospin".
Cu aceasta s-a putut comunica o ecuaţie care — pentru a ne exprima precaut — pare cel puţin la prima vedere că ne-ar putea reprezenta toate proprietăţile cunoscute ale particulelor materiale ; ea ar putea să fie deja adevărata ecuaţie a materiei.
Ecuaţia spune :
Aici + înseamnă materia (un operator de cîmp dependent de coordonatele de spaţiu şi timp) ; Yn sînt mărimile simple din teoria transformărilor lineare, introduse de Dirac ; l este unitatea de lungime naturală, despre care a fost de mai multe ori vorba. Faptul că viteza luminii şi constanta lui Planck nu mai apar vizibil în ecuaţie se explică, simplu, prin aceea că ambele aceste mărimi fundamentale sînt deja folosite ca unităţi de măsură, deci au fost puse egale cu 1. Şi mărimea l poate fi, evident, folosită în aceeaşi manieră ca unitate de măsură şi luată egală cu 1, deci să nu mai apară în ecuaţie.

Trebuie să accentuez aici că prin această ecuaţie avem de-a face mai întîi cu o propunere şi că numai analiza matematică deloc simplă a consecinţelor comparată cu experienţa matematică va permite, după cîţiva ani, să judecăm exact cît de departe ne-a dus această ecuaţie. Pentru momentul actual este poate mai important să se studieze modalităţile de gîndire care, plecînd de la descoperirea lui Planck, au ajuns, prin evoluţia pe care am schiţat-o, pînă la progresele ultimilor ani. Cum ar arăta fizica dacă s-ar realiza aceste speranţe ale fizicienilor ? Ecuaţia amintită conţine, pe lîngă cele trei unităţi de măsură naturale, numai exigenţe ma-tematice de simetrie. Prin aceste exigenţe pare a se răspunde la toate problemele. Trebuie să considerăm ecuaţia ca o expresie extrem de simplificată a exigenţelor de simetrie, iar aceste exigenţe trebuie considerate ca nucleul propriu- zis al teoriei. De aceea, ca şi In cazul lui Platon, se pare că această lume de particule elementare şi cîmpuri de forţă, aparent atît de complicată, ar avea la bază o structură matematică simplă şi transparentă. Toate celelalte raporturi, pe care le cunoaştem astfel în diferite1© domenii ale fizicii ca legi ale naturii, ar trebui să poată fi derivate din această structură unică.

Concepţia modernă are aici un nivel de precizie complet străin filozofilor greci şi trebuie, pentru a nu fi neînţeleşi, să accentuăm şi adînca deosebire dintre ştiinţa noastră contemporană a naturii şi aceea a anticilor. Mai întîi, există o deosebire esenţială în privinţa metodei şi anume în aceea că noi realizăm sistematic experimente şi acceptăm teoriile numai dacă ele reprezintă efectiv detaliile experimentale. Apoi o altă deosebire foarte importantă se exprimă în rolul pe care conceptul de timp îl joacă în fizică de la Galilei şi Newton încoace.

Particulele elementare din filozofia lui Platon îşi obţineau simetria din aşa-numitul ,.grup al spaţiului", grupul rotaţiilor în spaţiul tridimensional. Este vorba astfel acolo de o simetrie statică, nemijlocit intuitivă. Fiz'ca modernă introduce însă de la început timpul în considerarea naturii. De la Newton fizica s-a orientat spre dinamica

fenomenelor. Ea pleacă de la concepţia că în această lume aflată în permanentă modificare ceea ce este permanent nu sînt formele geometrice, ci legile. Legile sînt, desigur, în fond doar forme matematice abstracte, care însă se raportează tocmai la spaţiu şi timp. O înţelegere a materiei apare de aceea posibilă numai dacă din experimente se conclude asupra unor structuri tratabile matematic care se referă în acelaşi fel la spaţiu şi timp. Teoria finală a materiei va putea fi caracterizată, la fel ca şi la Platon, printr-o serie de exigenţe de simetrie importante, pe care astăzi le putem indica deja. Aceste simetrii nu mai pot fi explicate simplu prin figuri şi imagini, aşa cum fusese posibil pentru corpurile platoniciene, ci prin ecuaţii, şi aş dori să menţionez cîteva ecuaţii dintre cele mai importante, deşi asemenea expuneri, natural, nu pot fi înţelese decît de matematicieni.

O primă proprietate hotărîtoare de simetrie va fi aşa-numitul „grup-Lorentz inomogen", care. după cum ştiţi, formează baza teoriei speciale a relativităţii ; o formulare oarecum simplificată a sa este :

X — Xo = t — t o

b - (îr

Un al doilea grup, la fel de important, este grupul transformărilor în spaţiul-Hilbert, care lasă invariantă relaţia de substituţie. Acest grup este baza teoriei cuantice. O formulare dease- meni simplificată sună :

=sift Yk>

Mai departe vor juca un rol aşa-numitul „grup-isospin" şi grupul legat de el al conservării numărului de barioni, care putem presupune, după cercetările lui Pauli şi Giirsey, că va fi reprezentat prin transformările lui Pauli: + by5C — 1<J>+ (|a2+,b2Hl) <|/=el0tY<4

In fine, există şi alte simetrii de oglindire, de

exemplu invariaţia teoriei la schimbarea semnului timpului şi la reflectarea simultană în oglindă a spaţiului şi a sarcinii electrice. Toate aceste simetrii sînt reprezentate de ecuaţia

amintită mai sus, dar numai viitorul ne va arăta dacă aceasta se face într-o formă corectă.
O teorie care redă corect masele şi proprietăţile particulelor elementare dintr-o ecuaţie fundamentală simplă este în acelaşi timp o teorie unitară a cîmpului. Situaţia, cunoscută din experimente, că toate particulele elementare se pot transforma reciproc unele în altele ne indică faptul că nu ar trebui să fie posibil ca numai un anum't grup de particule elementare să fie selecţionat şi numai pentru ele să găsim o reprezentare matematică. Prin această experienţă şi prin semnificaţia fundamentală a proprietăţilor de simetrie, orice variantă a unei teorii a particulelor elementare, cum ar fi, de exemplu, aceea conţinută în ecuaţia sus-amintită, dobîn- deşte un caracter de închidere. Se găsesc structuri care sînt astfel corelate şi împletite încît nu s-ar mai putea întreprinde modificări în nici un loc fără a pune în discuţie toate corelaţiile.
Ne reamintim aici oarecum de ornamentele arabice ale consolelor moscheelor, în care sînt realizate simultan atît de multe simetrii încît nu s-ar putea modifica nici o singură linie fără a distruge corelaţiile întregului. Şi la fel cum acele ornamente exprimă spiritul religiei din care ele au apărut, la fel în proprietăţile de simetrie ale teoriei cuantice se reflectă spiritul ace ei epoci în ştiinţele naturii care a fost iniţiată de descoperirea lui Planck.
Ne aflăm acum însă în centrul unei deveniri ale cărei rezultate se vor vedea în întregime doar după cîţiva ani. Descoperirea lui Planck a condus în această jumătate de secol, ale cărei studii m-am străduit să le schiţez, pînă la acel punct de la care putem crede că din proprietăţile de simetrie matematice simple putem deja recunoaşte prefiguraţia obiectivului nostru, şi anume înţelegerea structurii atomice a materiei. Chiar dacă se va examina cu întreg scepticismul, care aparţine celei mai înalte obligaţii a savantului, dezvoltarea din ultimii ani despre care am vorbit aici, totuşi este permis să se declare că s-a ajuns aici la structuri de simplicitate, unitate şi frumuseţe cu totul neobişnuite, la structuri care ne apar tocmai de aceea

deosebit de importante întrucît ele nu mai privesc un domeniu special al fizicii, ci lumea în întregul ei.
A 100-a aniversare a lui Planck cade într-o perioadă care, comparată cu epocile anterioare, în multe domenii, de exemplu acela al politicii, artei, ierarhiei valorilor, lasă o impresie foarte haotică. Este de aceea liniştitor — tocmai cînd ne gîndim la o personalitate atît de armonioasă cum era Max Planck — că cel puţin în acel domeniu, căruia i-a dedicat Planck opera vieţii sale, nu se găseşte nimic haotic, că, mai mult, aici simplicitatea şi claritatea transparentă sînt la fel de determinante ca şi în epocile lui Platon, Kepler sau Newton.
CONCEPŢIA FILOZOFICA A LUI WOLFGANG PAULI
Opera lui Wolfgang Pauli din domeniul fizicii teoretice permite numai într-o mică măsură să se recunoască fondul ei filozofic. Colegilor de specialitate Pauli le apare înainte de toate ea acel fizician înclinat spre formulări strălucite, întotdeauna precise, care, prin ideile sale noi de o semnificaţie deosebită, prin analizele clare care conduceau pînă la ultimele detalii ale cunoaşterii existente, prin critica fără cruţare la care a supus neclarităţile şi inexactităţile teoriilor fizice propuse, a influenţat şi a îmbogăţit în mod hotărîtor fizica secolului nos-tru. Dacă am vrea să reconstituim atitudinea filozofică fundamentală a lui Pauli plecînd de la manifestările lui ştiinţifice, am fi tentaţi mai întîi spre un raţionalism extrem şi spre o poziţie, în esenţa sa, sceptică. In realitate, dincolo de această critică şi de acest scepticism se ascundea un interes filozofic adînc şi pentru acele domenii întunecate ale realităţii sau ale sufletului uman care se sustrag abordării raţionale. Iar puterea de fascinaţie care izvora din analizele făcute de Pauli problemelor fizice era generată doar parţial de formulările sale de o claritate care pătrundea pînă în ultimele amănunte ; ea venea şi din contactul său continuu cu domeniul proceselor intelectuale creative, pentru care nu există încă vreo formulare raţională. De fapt, Pauli a parcurs prea repede pînă la capătul său drumul unui scepticism întemeiat raţionalist, şi anume pînă la scepticismul faţă de scepticism, încercînd

apoi să depisteze acele elemente ale procesului cunoaşterii care premerg înţelegerii raţionale. Există în special două articole din care am putea afla esenţialul asupra poziţiei filozofice a lui Pauli : o disertaţie, „Influenţa reprezentărilor arhetipice în formarea teoriilor ştiinţifice la Kepler" \ şi o conferinţă, „Ştiinţa şi gîndirea apuseană" 2. Vom încerca să obţinem o imagine asupra concepţiei sale filozofice ple- cînd de la aceste două mărturii şi de la alte comunicări epistolare sau de alt gen ale lui Wolfgang Pauli.

0 primă problemă centrală a meditaţiei filozofice era pentru Pauli însuşi procesul cunoaşterii, în special procesul cunoaşterii naturii, care îşi găseşte în final expresia sa raţională în stabilirea legilor naturii matematic formulabile. Pauli nu a fost mulţumit de concepţia pur empiristă după care legile naturii ar putea fi extrase din materialul experienţei. El s-a alăturat mai degrabă acelora care „accentuează rolul direcţiei atenţiei şi al intuiţiei, care în general depăşesc cu mult experienţa simplă, în stabilirea conceptelor şi ideilor necesare unui sistem de legi ale naturii (adică unei teorii ştiinţifice)". El a căutat astfel un termen de legătură între percepţiile senzoriale, pe de o parte, şi concepte, pe de altă parte : „Toţi gînditorii consecvenţi au ajuns la concluzia că logica pură nu este esenţialmente capabilă să

1 In C. G. Jung şi W. Pauli, Naturerklărung und Psyche, Studien aus dem C. G. Jung-Institut, Bd. IV, 109 p. Ziirich, Rascher-Verlag, 1952.

1 In Europa — Erbe und Aufgabe. Intern. Gelehr-tenkongress, Mainz, 1955, Hrsg. v.M. Gohring, Wiesbaden, F. Steiner, 1956, 71 p.

construiască o asemenea legătură. Cea mai satisfăcătoare soluţie pare introducerea în acest loc a postulatului unei ordini a cosmosului independentă de voinţa noastră, diferită de lumea fenomenelor. Dacă se vorbeşte despre o ««participare a lucrurilor naturale la idei»- sau despre o -«comportare a lucrurilor în sine, metafizice»», relaţia dintre percepţiile senzoriale şi idee rămîne o consecinţă a faptului că atît sufletul cît şi ceea ce este cunoscut în

percepţie sînt supuse ordinii concepute ca existentă în mod obiectiv".
Pauli vede puntea care duce de la materialul experienţei, la început neordonat, la idei, în anumite imagini originare, arhetipurile, preexistente în suflet, aşa cum au fost ele discutate de către Kepler sau chiar de către psiho-logia modernă. Aceste imagini — aici Pauli aderă în mare măsură la ideile lui Jung — nu trebuie situate în conştiinţă sau puse în legătură cu anumite idei formulabile raţional. Este vorba mai degrabă de forme ale zonei incon-ştientului, de imagini cu un puternic conţinut emoţional, care nu sînt gîndite, constituind doar obiectul unei intuiţii plastice. Fericirea pe care o trăiesc cercetătorii în momentul în care devin conştienţi de o nouă cunoaştere iz-vorăşte din corespondenţa unor imagini originare preexistente cu comportarea obiectelor exterioare.
Această înţelegere a cunoaşterii naturii se întemeiază în mod esenţial, după cum se ştie, pe concepţia lui Platon, concepţie care a pătruns în gîndirea creştină prin neoplatonism (Plotin, Proclus). Pauli încearcă s-o explice arătînd că deja în adeziunea lui Kepler la teoria copernicană, care se află la începutul ştiinţei moderne, au acţionat decisiv anumite prototipuri sau arhetipuri. El citează din Myste- riurn Cosmographicum următoarea propoziţie : „Imaginea trinităţii divine este sfera, şi anume tatăl în centru, fiul în suprafaţa exterioară, iar duhul sfînt în proporţia raportului dintre punct şi spaţiul intermediar sau circumferinţă44. Mişcarea orientată de la centru spre periferie este, pentru Kepler, imaginea creaţiei. Acest simbol, deosebit de strîns legat de numărul sfînt trei, simbol denumit de Jung „Mandala", îşi află — după Kepler — o întrupare nedesăvîrşită în lumea corpurilor : Soarele în centrul sistemului planetar înconjurat de corpurile cereşti (pe care Kepler le mai considera însufleţite). Pauli crede că forţa de convingere a sistemului co- pernican derivă, pentru Kepler, în primul rînd din corespondenţa sa cu simbolul mai sus descris şi numai în al doilea rînd din conţinutul experienţei.

Pauli crede, dincolo de aceasta, că simbolul lui Kepler exprimă într-un mod cu totul general atitudinea din care s-a născut ştiinţa contemporană a naturii. „Plecînd dintr-un centru interior, sufletul pare a se mişca în afară sub forma unei extravertiri în lumea corporală, în care toate fenomenele reprezintă prin ipoteză ceva automatic, astfel încît spiritul cuprinde parcă liniştitor cu ideile sale această lume". în ştiinţele moderne ale naturii avem de-a face astfel cu o dezvoltare creştină a „misticii luminate" a lui Platon, în care se caută temeiul unic al spiritualului şi al materiei în prototipuri şi în care înţelegerea şi-a găsit locul în diferitele lui grade şi tipuri pînă la cunoaşterea adevărului divin. Pauli adaugă însă avertizînd : „Această mistică este atît de luminoasă încît ea sare peste multe întunecimi, ceea ce nici nu avem voie nici nu putem".
El opune de aceea atitudinea fundamentală a lui Kepler aceleia a contemporanului său, medicul englez Fludd, cu care Kepler a dus o ascuţită polemică cu privire la aplicarea matematicii la experienţa rafinată prin măsurări cantitative. Fludd reprezintă aici partizanul acelei descrieri arhaic-magice a naturii, aşa cum fusese ea exercitată de alchimia evului mediu şi de societăţile secrete izvorîte din aceasta.
Dezvoltarea ulterioară a ideilor lui Platon a dus în neoplatonism şi creştinism la conceperea materiei ca un defect al ideilor şi, întru- cît inteligibilul era identic cu binele, ea a fost identificată cu răul. Spiritul lumii a fost în cele din urmă înlocuit de ştiinţa epocii moderne prin legea matematică a naturii. Spre deosebire de această tendinţă spiritualizantă unilaterală, filozofia alchimistă, reprezentată aici prin Fludd, constituie o anumită contra-pondere. După concepţia alchimiştilor, „în materie sălăşluieşte un spirit care aşteaptă cu nerăbdare să se elibereze. Laborantul alchimist se implică întotdeauna în mersul naturii, astfel încît fenomenele chimice reale sau pretinse din retortă se identifică mistic cu propriile lui procese psihice, fiind desemnate prin aceleaşi cuvinte. Mîntuirea materiei prin transformarea ei de către oameni, culminînd cu producerea pietrei filozofale, este identică,

după concepţia alchimistă, din cauza corespondenţei mistice dintre macrocosmos şi: microcosmos, cu transsubstanţierea care mîntuieşte pe om prin lucrarea pe care nu o izbuteşte decît «Deo con- cedente»". Pentru această interpretare magică a naturii, simbolul suprem este numărul patru, aşa-numitul tetraktys al pitagoricilor, care este compus din două polarităţi. împărţirea este pusă în seama laturii întunecate a lumii (materia, diavolul), iar concepţia magică asu-pra naturii cuprinde şi acest domeniu întunecat.

Nici una dintre aceste două linii de evoluţie, izvorîte din Platon şi filozofia creştină pe de o parte, din alchimia medievală pe de altă parte, nu a putut să evite mai tîrziu divizarea în sisteme de gîndire opuse. Gîndirea lui Platon, originar orientată spre unitatea dintre materie şi spirit, a dus în cele din urmă la diviziunea în imaginea ştiinţifică şi imaginea religioasă despre lume, iar orientarea de gîndire determinată de gnostici şi de alchimie a condus la chimia ştiinţifică, pe de o parte, şi la mistica religioasă detaşată de procesele materiale (de exemplu, Jakob Bohme).

Pauli recunoaşte în aceste linii de evoluţie spirituală, divergente şi totuşi aflate în conexiune, raporturi complementare, care au determinat de la început gîndirea apuseană şi care sînt astăzi mai uşor de înţeles decît în epocile anterioare, după ce o asemenea relaţie logică a fost înţeleasă în cazul teoriei cuantice. In gîndirea ştiinţifică, caracteristică într-o deosebită măsură civilizaţiei europene, spiritul se îndreaptă spre lumea exterioară, întrebîn- du-se asupra cauzei. „De ce se reflectă unul în multiplu, ce este reflectantul şi ce este reflectatul, de ce unul nu a rămas identic cu el însuşi, singur ?" Mistica, aflată la ea acasă în aceeaşi măsură atît în Est cît şi în Vest, încearcă să trăiască unitatea lucrurilor, încercînd să recunoască multiplicitatea doar ca o iluzie. Tendinţa cunoaşterii ştiinţifice a condus în secolul al XlX-lea la reprezentarea-limită a unei lumi materiale obiective, independentă de orice observaţie, iar la capătul trăirilor mistice se află ca stare-limită sufletul aflat într-o uniune cu dumnezeu, complet separat de toate obiectele. Pauli vede gîndirea

europeană des- făşurîndu-se între aceste două reprezentări-li- mită. „în sufletul omului vor fi mereu prezente cele două atitudini, iar una va purta întotdeauna în sine pe cealaltă ca germenul opusului său. Prin aceasta se naşte un gen de proces dialectic despre care nu ştim încotro ne duce. Eu cred că noi, europenii, trebuie să ne încredem în acest proces şi să recunoaştem perechea de opuşi ca fiind complementari. In măsura în care lăsăm să existe tensiunea opuşilor, trebuie să recunoaştem că noi depindem pe orice drum al cunoaşterii sau al salvării de factori care rămîn în afara controlului nostru şi pe care limbajul religios i-a numit întotdeauna har".
Atunci cind, în primăvara anului 1927, reflecţiile asupra interpretării mecanicii cuantice au luat o formă raţională şi Bohr a formulat conceptul complementarităţii, Pauli a fost unul dintre primii fizicieni care s-au decis fără rezerve pentru noua posibilitate de interpretare. Trăsăturile caracteristice ale acestei interpretări, şi anume faptul că în orice experiment, în orice intervenţie asupra naturii putem alege care latură a naturii să o punem în evidenţă, dar în acelaşi timp renunţînd la cealaltă latură a naturii — această conexiune a „alege-rii şi jertfirii" venea în mod natural în întîm- pinarea atitudinii filozofice a lui Pauli. In centrul gîndirii sale filozofice a stat întotdeauna căutarea unei înţelegeri unitare a lumii — o unitate care includea în sine tensiunea con-trariilor — şi el saluta interpretarea teoriei cuantice ca o nouă modalitate de gîndire, în care unitatea s-ar putea exprima mai uşor decît pînă acum. In filozofia alchimistă, Pauli a fost captivat de încercarea de a vorbi în acelaşi limbaj despre procesele materiale şi cele psihice. Pauli considera că în domeniul abstract al fizicii atomice şi al psihologiei moderne se caută din nou un asemenea limbaj. „Presupun că tentativa alchimistă a unui limbaj unitar psihofizic a eşuat numai datorită faptului că s-a referit la o realitate concretă aparentă. Astăzi avem în cadrul fizicii o realitate neaparentă (obiectele atomice) asupra căreia observatorul poate acţiona cu o anumită libertate (fiind pus în faţa alternativei „alegere şi jertfire") ; în psihologie întîlnim procesele inconştiente care nu pot fi

întotdeauna acordate univoc unui subiect determinat. Tentativa unui monism psihofizic îmi apare acum esenţialmente plină de perspective, deoarece limbajul unitar necesar (încă necunoscut, neutral în raport cu perechea opuşilor psihic-fizic) se raportează la o realitate mai adîncă, neimediată. S-ar găsi atunci o modalitate de expresie, care depăşeşte cauzalitatea fizicii clasice în sensul corespondenţei (Bohr), pentru unitatea întregii existenţe, ale cărei cazuri particulare sînt relaţiile psihofizice şi corespondenţa formelor apriorice instinctive ale reprezentării cu percepţiile externe. In această concepţie sînt jertfite ontologia şi metafizica tradiţionale, dar este aleasă unitatea existenţei".
Din studiile speciale care i-au fost prilejuite de lucrările filozofice sus-amintite, urme deosebite au lăsat în special cercetările asupra simbolicii alchimiştilor, pe care le putem recunoaşte uneori în scrisorile sale. In teoria particulelor elementare îl încîntau pe Pauli, de exemplu, cvadrisimetriile diferite, dar care se împleteau reciproc, pe care le punea în relaţie nemijlocită cu tetraktys-ul pitagoricilor, scriind : „Divizarea şi reducerea simetriei, aceasta este esenţa lucrurilor. Divizarea este un foarte vechi atribut al diavolului (cuvîntul îndoială trebuie să fi însemnat originar divizare)". Sistemele filozofice din vremea de după disocierea carteziană i-au fost puţin apropiate lui Pauli. Folosirea kantiană a conceptului „a-priori" a fost criticată de Pauli într-o formă foarte determinată, întrucît Kant a întrebuinţat acest termen pentru formele intuiţiei care pot fi fixate raţional sau pentru formele gîn- dirii. El avertizează expres : „Nu trebuie niciodată să se declare ca singurele presupoziţii posibile ale raţiunii umane tezele stipulate printr-o formulare raţională". Elementele apriorice ale ştiinţelor naturii Pauli le pune mai degrabă în legătură cu imaginile originare, arhetipurile psihologiei lui Jung, pe care nu e necesar să le concepem ca înnăscute, ci ca pe ceva care s-ar putea modifica lent, fiind relative la o situaţie dată a cunoaşterii. In acest loc se deosebesc, aşadar, concepţiile lui Pauli şi C.G. Jung de acelea ale lui Platon, care

considera ideile originare ca imuabile şi independente de sufletul uman. Aceste arhetipuri sînt însă în orice caz consecinţe sau mărturii ale unei ordini generale a cosmosului, ordine care cuprinde în acelaşi timp şi materia şi spiritul.
Recunoscînd această ordine unitară a cosmosului, Pauli este sceptic şi faţă de concepţia darvinistă, extrem de răspîndită în biologia modernă, după care evoluţia speciilor pe Pă- mînt ar trebui să se producă doar prin mutaţii întîmplătoare şi prin efectele lor, după legile fizicii şi chimiei. El consideră această schemă ca fiind prea îngustă şi crede în posibilitatea unei modalităţi mai generale, care nici nu se încadrează în schema conceptuală generală a structurilor cauzale şi nici nu ar putea fi descrisă corect prin conceptul „întîmplare". Mereu ne întîlnim la Pauli cu strădania de a părăsi liniile obişnuite de gîndire, pentru a se apropia pe căi noi de înţelegerea structurii unitare a lumii.
Faptul că în lupta pentru „Unul" Pauli a trebuit să se răfuiască mereu cu conceptul de dumnezeu nu mai are nevoie de nici o menţiune ; atunci cînd într-o scrisoare el spunea despre „teologii faţă de care mă aflu în relaţia .arhetipică de frate duşman", desigur că lua această afirmaţie într-un sens foarte strict. Pe cît de puţin era el în stare să trăiască şi să gîndească simplu în tradiţia uneia dintre vechile religii, pe atît de puţin era el pregătit să accepte un ateism întemeiat pe un raţionalism naiv. Nu am putea să prezentăm mai bine atitudinea lui Pauli asupra acestor probleme decît a făcut-o el însuşi în încheierea conferinţei sale asupra ştiinţei şi gîndirii europene : „Cred totuşi că aceluia pentru care raţionalismul îngust şi-a pierdut puterea de convingere şi căruia nici un vrăjitor al viziunii mistice, care trăieşte lumea exterioară în copleşitoarea ei multiplicitate ca iluzorie, nu-i este suficient de eficace, nu-i mai rămîne altceva decît să se abandoneze într-un fel sau altul acestor contrarii ascuţite şi conflictelor lor. Numai prin aceasta cercetătorul poate, mai mult sau mai puţin conştient, să pornească pe o cale de salvare interioară. Atunci se nasc încet, compen- sînd situaţia

exterioară, imagini interioare, fantezii sau idei care dovedesc o apropiere posibilă a polilor perechii de contrarii. Avertizat de eşecul tuturor strădaniilor premature spre unitate din istoria spiritului, nu voi îndrăzni să fac predicţii asupra viitorului. împotriva strictei împărţiri a activităţii spiritului uman în departamente separate începînd cu secolul al XVII-lea, consider însă că idealul unei depăşiri a opoziţiei, care să cuprindă într-o sinteză amplă atît înţelegerea raţională cît şi trăirea mistică a unităţii, constituie mitul rostit sau nerostit al epocii noastre".

AMINTIRI DESPRE NIELS BOUR DIN ANII 1922—192?

Prima mea întîlnire cu Niels Bohr a avut loc în vara anului 1922 la Gottingen, cînd Bohr a ţinut acolo o serie de conferinţe, la invitaţia Facultăţii de matematici şi ştiinţele naturii, conferinţe despre care noi vorbeam cu bucurie mai tîrziu, denumindu-le „Festivalul Bohrw. Am fost adus la Gottingen de profesorul meu miinchenez Sommerfeld, deşi pe atunci eram doar un student de douăzeci de ani, în al patrulea semestru. Sommerfeld ţinea foarte mult la studenţii lui şi el a simţit cît de mult mă interesau Bohr şi teoria sa atomică. Prima impresie pe care mi-a făcut-o Bohr ca om îmi este încă foarte clară în amintire. Plin de o tensiune tinerească, totuşi oarecum jenat şi timid, cu capul înclinat puţin într-o parte, fizicianul danez stătea pe podiumul luminos al amfiteatrului, în care strălucea prin ferestrele larg deschise lumina verii din Gottingen. Vorbea încet şi cu întreruperi, dar dincolo de oricare dintre cuvintele alese cu grijă se putea urmări un lung lanţ de gînduri, care se pierdea undeva în adîncurile unei atitudini filozofice, pentru mine foarte tulburătoare.

La sfîrşitul celei de-a doua sau a treia conferinţe ale acestei serii de prelegeri, Bohr a vorbit despre un anumit calcul efectuat de colaboratorul său, olandezul Kramers, asupra aşa-numitului efect puternic cvadratic al atomului de hidrogen şi a încheiat arătînd că, în ciuda tuturor greutăţilor interne ale teoriei atomului din acea vreme, trebuie să se admită faptul că rezultatele lui Kramers sînt foarte corecte şi că ele vor fi ulterior confirmate de

experiment. Cunoşteam destul de bine lucrarea lui Kramers deoarece făcusem asupra ei un referat în seminarul lui Sommerfeld din Miinchen. De aceea am îndrăznit să formulez o obiecţie în cadrul discuţiilor care au urmat. Nu-mi puteam reprezenta faptul că rezultatele lui Kramers ar fi corecte cu exactitate, că efectul puternic cvadratic ar putea fi conceput ca un caz-limită al dispersiei luminii cu lungimi de undă foarte mari. întrucît însă se ştia că un calcul al dis-persiei pentru atomul de hidrogen, cu metodele obişnuite ale fizicii clasice, trebuia să ducă la rezultate false — efectul de rezonanţă caracteristic va apărea la frecvenţa traiectoriei electronilor şi nu la frecvenţa observată a radiaţiei atomului de hidrogen —, nici calculul lui Kramers nu putea să ne dea rezultatul corect. Bohr a răspuns la început că ar trebui să luăm în considerare influenţa inversă a radiaţiei asupra atomului, dar el a fost vizibil în- trucîtva tulburat de această obiecţie. La sfîrşi- tul discuţiei, Bohr mi s-a adresat şi mi-a propus o plimbare în doi, pe care am primit-o, se înţelege, cu multă bucurie. Această convorbire, care ne-a purtat cruciş şi curmeziş pe înălţimile Hainbergului, a fost prima discuţie intensă asupra problemelor fundamentale fizice şi filozofice ale teoriei moderne a atomului, despre care pot să-mi amintesc ; şi ea a determinat în mod decisiv drumul ulterior al vieţii mele. Am înţeles pentru prima dată că Bohr privea teoria sa cu mult mai mult scepticism decît mulţi alţi fizicieni ai acelei vremi, de exemplu Sommerfeld, şi că la el cunoaşterea corelaţiilor nu se năştea dintr-o analiză matematică a supoziţiilor luate ca bază, ci dintr-o preocupare intensă pentru fenomene, care dădea posibilitatea să cuprindă mai degrabă intuitiv conexiunile decît să le deducă. Astfel se naşte cunoaşterea naturii, şi abia apoi ceea ce este cunoscut poate fi precizat matematic şi devine accesibil unei analize complet raţionale. Bohr a fost în primul rînd filozof, nu fizician ; dar el ştia că în timpul nostru filozofia naturii poate avea putere numai dacă se supune în toate amănuntele criteriului sever al corectitudinii experimentale.

Bohr m-a invitat să vin în primăvara următoare pentru cîteva săptămîni la Copenhaga, iar ulterior să lucrez o perioadă mai lungă acolo, eventual cu o bursă. Cu aceasta a început pentru mine o perioadă infinit de instructivă, de colaborare foarte prietenească, iar o coincidenţă fericită a făcut ca ea să în-ceapă tocmai în momentul în care greutăţile teoriei cuantice păreau a deveni tot mai de neînţeles, contradicţiile ei interne tot mai insuportabile ducînd la o criză, care, printr-o serie aproape dramatică de descoperiri neaşteptate într-un răstimp scurt, a dus la o soluţie a problemelor fundamentale.
Vizita mea la Copenhaga s-a petrecut, dacă amintirile nu mă înşală, în vacanţa de paşti din 1924. Prima mea apariţie în institut şi în cercul oamenilor tineri care-l înconjurau pe atunci pe Bohr mi-a produs chiar după puţine zile o adîncă depresiune. Aceşti tineri fizicieni din diferite ţări ale Pămîntului mă depăşeau cu mult. Cei mai mulţi dintre ei stăpîneau mai multe limbi străine, pe cînd eu nu ştiam să mă exprim raţional nici într-una singură. Cunoşteau lumea, cultura, poezia multor popoare, cîntau la instrumente cu înaltă măiestrie şi, înainte de toate, înţelegeau din fizica atomică mult mai multe lucruri decît mine. îmi părea fără nici o speranţă acomodarea cu acest cerc.
Totuşi, mai tîrziu s-au dezvoltat între noi raporturi prieteneşti. Cu deosebită plăccre îmi amintesc de primele discuţii cu Kramers din Olanda, Urey din S.U.A. şi Rosseland din Norvegia. Toţi păreau a-l cunoaşte bine şi a-l preţui pe Bohr şi erau plini de optimism fată de dezvoltarea teoriei lui Bohr.
Marele cîştig al acelor săptămîni l-au reprezentat, desigur, convorbirile cu Bohr însuşi. Intrucît activitatea institutului îl împovăra prea mult pe Bohr încă de pe atunci, mi-a propus o plimbare de mai multe zile prin pădure în Nordsjaelland, cînd am avut timp să discutăm pe larg şi nestingheriţi toate problemele fizice. Bohr era evident el însuşi fericit să-mi poată arăta Danemarca sa apropiată : castelul lui Hamlet, Kronborg, de la ieşirea din nord a strîmtoarei dintre Danemarca şi Suedia, construcţia artistică renaissance a castelului pe apă Frederiksborg la

Hillerăd, marea pădure la nord de Marea Esrum şi satele de pe litoralul Kattegat-ului, de la Gilleleje pînă la Tisvildeleje. La marginea Tisvildeleje-ului, Bohr avea o spaţioasă casă de odihnă pentru familia sa. Bohr mi-a povestit, în aceste drumuri, multe despre istoria ţării şi a castelelor ei, despre legăturile trecutului îndepărtat cu ciclurile epice islandeze, care-i erau familiare, şi astfel am aflat în cîteva zile despre Scandi- navia mai mult decît în toată perioada de şcoală dinainte. Am învăţat, de asemenea, să iubesc această ţară fericită şi paşnică, cruţată de marile catastrofe ale secolului nostru, trebuind să-i vorbesc, din contră, lui Bohr de ceea ce s-a întîmplat în propria mea ţară şi în timpul studiilor mele : război, revoluţie, foamete, lipsuri. Convorbirile noastre ne-au purtat astfel mult mai departe de domeniul fizicii şi al ştiinţelor naturii, şi am fost fericit că Bohr simţea o atracţie pentru toate genurile de exuberanţă tinerească. Pe plajă ne întreceam adesea, aruncînd pietre în mare cît puteam de departe sau încercam să nimerim bîrne plutitoare. Bohr povestea că odată, împreună cu Kramers, au găsit pe plajă o mină din vremea războiului, adusă la mal de valuri, şi s-^au luat la întrecere să-i lovească capsa detonatoare. Abia după cîteva încercări zadarnice le-a devenit clar că-şi fac o joacă din a lovi o mină care explodînd i-ar fi putut omorî, astfel că s-au îndreptat spre un alt obiectiv. Tentaţia lui Bohr spre generalizări filozofice era adesea stîrnită de jocurile cele mai simple. Cînd am aruncat odată pe o stradă lăturalnică cu o piatră spre un stîlp de telegraf şi, contrar probabilităţilor, l-am lovit, a spus : „A ţinti un asemenea obiect îndepărtat şi apoi a-l lovi este, natural, imposibil. Dacă ai însă impertinenţa să arunci într-o direcţie fără a ochi şi să-ţi reprezinţi posibilitatea absurdă că s-ar putea să şi nimereşti, atunci s-ar putea chiar să se în- tîmple. Intuiţia că ceva s-ar putea întîmpla ne face mai puternici decît exerciţiul şi voinţa".
Natural, dificultăţile fizicii atomice ocupau un loc important în discuţiile noastre ; numai prin analiza lui Bohr, acestea mi-au devenit clare în întreaga lor stricteţe, iar convorbirile noastre au întărit poate îndoiala care trăia

mereu în Bohr faţă de starea de atunci a teoriei atomice. O soluţie era însă extrem de îndepărtată, şi chiar descoperiri atît de importante cum ar fi efectul Compton, care a devenit cunoscut în acelaşi an, au accentuat la început doar dificultăţile şi contradicţiile. Cînd ne-am întors din călătoriile acestea la Copenhaga, aveam sentimentul că prin Bohr ştiam mult mai multe despre spiritul viitoarei teorii atomice decît înainte. Era ca şi cum ceaţa adîncă din jurul nostru devenise oarecum mai transparentă, aşa încît se puteau întrezări deja unele contururi ale muntelui, pe care mai tîrziu îl vom urca, pentru ca de acolo să îmbrăţişăm cu privirea corelaţiile fenomenelor teoriei atomice.

In semestrul de vară din 1923 îmi scrisesem în Miinchen lucrarea de doctorat, ale cărei probleme aparţineau unui domeniu complet diferit al fizicii, hidrodinamica. Eu observam dezvoltarea fizicii atomice, ca să spun aşa, numai de departe. In toamnă am primit un post de asistent la Born, la Universitatea Gottingen, şi am luat parte în cercul de acolo la discuţiile asupra problemelor teoriei atomice. Numai în semestrul de iarnă 1924/1925 am putut, la recomandarea lui Bohr, ca bursier Rockefeller, să revin la Institutul Blegdamsvej din Copenhaga. Acolo s-a dezvoltat chiar de la primele zile o strînsă colaborare ştiinţifică între Bohr, colaboratorul său apropiat Kramers şi mine, şi discuţiile pe care le-am dus în doi, adesea în trei au devenit repede o obişnuinţă, repre- zentînd pentru mine cel mai important conţinut al acelor zile, mai important decît semina- riile şi prelegerile.

în centrul discuţiilor noastre era, pe atunci, teoria dispersiei, adică dispersarea luminii de atomi, despre care Kramers tocmai publicase o lucrare foarte importantă. Consideraţiile lui Kramers trebuiau extinse împreună la cazul aşa-numitului efect Raman (dispersia cu schimbarea culorii) şi era vorba, evident, aici de a ghici cu ajutorul raţionamentelor analogice formulele matematice corecte, nu de a le deduce, întrucît lipsea deocamdată un fundament pentru calcularea lor. Kramers şi cu mine nu am fost la început în întregime de acord şi pentru diferite

cazuri speciale eram convinşi de formule diferite. Era pentru mine deosebit de instructiv să văd cum încerca Bohr mereu ca, printr-o interpretare fizică a formulelor care mergea pînă în amănunte, să găsească astfel soluţia, pe cînd eu înclinam spre punctul -de vedere formal matematic, deci spre criterii într-un sens mai mult estetice, pentru găsirea soluţiei. Din fericire, ambele genuri de criterii au condus la sfîrşit la acelaşi răspuns, şi eu am încercat să-l conving pe Bohr că aşa şi trebuie să fie, pentru ca teoria să fie cit mai simplă şi mai transparentă. Am observat că transparenţa matematică nu reprezenta pentru Bohr o valoare evidentă. Lui Bohr îi era teamă că structura matematică formală ar putea umbri nucleul fizic al problemei şi era convins că, în orice caz, elucidarea fizică completă trebuia să preceadă necondiţionat formularea matematică. Poate eram în acel timp într-o măsură mai mare decît Bohr pregătit să mă despart de imaginile intuitive şi să fac pasul la abstracţia matematică. In orice caz, în formulele pe care le prelucrasem împreună cu Kramers urmăream o matematică în lucru, care funcţiona deja de la sine, într-o anumită măsură îndepărtată de reprezentările fizicale. Această matematică avea pentru mine o putere de atracţie magică, şi eu eram fascinat de ideea că aici ar deveni evidente primele fire ale unei reţele enorme de corelaţii adînci.
La fel de fericit s-a încheiat o discuţie cu Bohr şi Kramers asupra polarizării luminii fluorescente. Bohr elaborase asupra acesteia, în corelaţie cu experienţele de la Institutul Franck, o scurtă notă, iar eu am aplicat problemei lui Bohr, neţinînd cont de imaginile sale intuitive, punctul meu de vedere mai mult formal, şi am obţinut astfel rezultate cantitative care depăşeau întrucîtva lucrarea lui Bohr. Am reuşit mai întîi să-i conving pe Bohr şi Kramers asupra formulelor mele. Insă, cînd am intrat din nou după micul dejun în camera lui Bohr, Bohr şi Kramers căzuseră de acord că formulele mele sînt false şi au încercat să-mi clarifice punctul lor de vedere. S-a născut astfel o discuţie aproape pătimaşă, care s-a prelungit mai multe ore, în care, după cîte îmi amintesc, pentru prima dată a fost

enunţată în toată ascuţimea ei exigenţa „ruperii de imaginile intuitive" şi ea a fost declarată laitmotivul lucrărilor viitoare. Maniera de gîndire a lui Bohr, care a fost reprezentată în istoria fizicii poate cel mai bine de figurile lui Faraday sau Gibbs, era suficientă pentru a se scoate la iveală, cu o claritate de neîntrecut, nucleul problemei. Dar Bohr ezita să facă saltul la abstracţia matematică chiar dacă nu-l contrazicea. Ne-am pus, în fine, de acord asupra corectitudinii formulelor şi aveam sentimentul că ne-am apropiat simţitor de noua teorie atomică.

Bohr, evident, lua parte destul de activă şi la lucrările celorlalţi membri ai institutului, şi, deoarece el era întotdeauna extraordinar de temeinic, această activitate îl solicita atît de mult încît adesea ea intra în conflict cu propriile sale lucrări şi cu obligaţiile administrative ale institutului. Astfel, Bohr se simţea adesea într-o situaţie destul de grea, şi îi venea din ce în ce mai greu ca să-şi formuleze în scris propriile lui gînduri. Cînd făcea acest lucru, îmi dicta mie, de regulă, prima schiţă, iar eu admiram grija cu care fiecare cuvînt era mereu regîndit şi schimbat.

In viaţa ştiinţifică a lui Bohr un rol important l-a jucat şi casa sa de la ţară din Tisvilde. Puteam adesea să merg acolo împreună cu Bohr şi familia sa pentru cîteva zile. Ne plimbam împreună prin pădure şi pe plajă, admiram înaltele dune împădurite, priveliştea de un albastru strălucitor a Mării Baltice, vasele demodate care-şi cărau mărfurile. înotam adesea pe distanţe lungi în mare. Odată Bohr s-a îndepărtat foarte mult de ţărm şi, cînd am încercat să-l ajung, am observat cu groază că un curent ne ducea mereu mai departe în larg. Bohr nu se mai putea apropia de ţărm, deşi depunea eforturi deosebite ; obosise în mod vizibil. Astfel am trăit cîteva minute de teamă, fiind absolut singuri şi neştiind realmente ce aş mai putea să fac. Din fericire, curentul ne-a purtat în apropierea unui mic banc de nisip, la care am reuşit, în sfîrşit, să ajungem şi pe care Bohr s-a odihnit timp îndelungat. Distanţa de la bancul de nisip pînă la ţărm era încă foarte mare, dar după această

pauză am reuşit, înotind cit puteam de repede, să ne apropiem fără greutăţi de ţărm şi, în fine, să-l atingem. Bohr împreună cu familia aveau şi o trăsură cu un căluţ, şi, deoarece mă împrietenisem bine cu copiii, consideram o cinste deosebită obţinerea cîteodată a permisiunii de a mă plimba cu trăsura împreună cu un copil. Adesea Bohr primea la Tisvilde vizitatori din Copenhaga sau din străinătate, şi aceştia participau la discuţiile ştiinţifice despre dificultăţile teoriei cuantice care ne preocupau pe toţi, fă- cînd consideraţii sau expuneri asupra unor noi rezultate experimentale.
In semestrul de vară 1925 am ţinut din nou cursuri la Gottingen şi, în afară de aceasta, în iunie am redactat, în vremea unui scurt concediu medical pe insula Helgoland, o schiţă preliminară a mecanicii cuantice, care reprezenta pentru mine, într-o anumită măsură, chintesenţa discuţiilor noastre de la Copenhaga ; de fapt ea constituia o formulare matematică a „principiului de corespondenţă" al lui Bohr. Speram ca printr-un aparat matematic nou, încă foarte străin mie, să obţinem un acces la acele corelaţii ciudate care deveniseră uneori evidente deja în discuţiile anterioare cu Bohr şi Kramers. După o vizită în Olanda şi Anglia şi după vacanţa de vară care a urmat, am plecat pentru cîteva săptămîni la Copenhaga pentru a discuta iarăşi cu Bohr noua situaţie. Bohr era în cel mai înalt grad interesat şi nu mai avea acum, în orice caz, nici o obiecţie împotriva rupturii radicale cu modelele intuitive. Cît de departe aveau să permită premisele matematice construcţia unei teorii complete era în acel timp încă incert. Cu deosebită bucurie îmi amintesc de o şedere scurtă în casa lui Bohr de la ţară în acele săptămîni în care au sosit şi trei matematicieni : Harold Bohr, Hardy din Cambridge şi Bessikovic. Discuţia a ajuns repede la noua evoluţie a teoriei atomice. Şi cei trei matematicieni au discutat într-o manieră pentru mine destul de stimulatoare despre genul de corelaţii matematice care s-ar putea ascunde în spatele premiselor mele matematice. Din păcate, înţelegeam prea puţină matematică pentru a-i putea realmente urmări. îmi rămînea însă mereu

sentimentul clar că aici apar în lumină părţi ale v nei reţele de raporturi cuprinzătoare. După-amiaza, tîrziu, s-a jucat o partidă de Boccia în două echipe şi, întrucît Harold Bohr şi Hardy erau sportivi pasionaţi, s-a luptat aspru de ambele părţi. Numai Bessikovic, evident complet asportiv, a avut, din păcate, succese foarte neînsemnate. Jocul s-a încheiat atunci în mod cu totul neobişnuit. Echipa lui Niels Bohr era cu cîteva puncte în urmă, avea însă ultima aruncare, pe care trebuia s-o realizeze Bessikovic. Conştient de lipsa de speranţă a situaţiei, Bessikovic a aruncat bila pe spate, peste umerii săi, în cîmpul de joc. Spre stupefacţia sa a atins exact locul corect şi a decis, în entuziasmul general, partida în favoarea sa. M-am gîndit la fraza rostită de Bohr pe strada din Gilleleje, fără însă a mai filozofa mai departe asupra acestui fapt. Pe drumul de întoarcere, în trenul de Copenhaga, Hardy mi-a prezentat „ca exerciţiu" o problemă matematică, teoria unui joc chinezesc, care trebuia elaborată exact. Mi -am dat toată străduinţa să rezolv problema, pînă cînd Harold Bohr i-a spus deodată dojenitor lui Hardy : „Nu ar trebui să abuzezi de capacitatea matematică a unui tînăr cu asemenea jucării". In acest timp găsisem doar o parte a teoriei şi i-o relatam lui Hardy. Acesta a replicat doar uscat : „Ei, cel puţin pentru atomul de hidrogen noua teorie va fi corectă".
In semestrul de iarnă 1925/1926 am avut de satisfăcut obligaţiile mele de învăţămînt la Gottingen. In afară de aceasta lucram împreună cu Born şi Jordan la dezvoltarea matematică a teoriei cuantice. Born şi Jordan obţinuseră succese decisive în analiza matematică a noii mecanici şi, independent de ei, şi Dirac la Cambridge atacase aceste probleme, ajungînd în esenţă la aceleaşi rezultate. Astfel, am fost întregul semestru de iarnă complet absorbiţi de preocuparea de a face accesibil şi practicabil noul teren matematic obţinut. Intrucît Kramers acceptase un post de profesor în ţara sa, Olanda, Bohr mi-a oferit mie postul de lector de fizică teoretică la Universitatea Copenhaga pe care-l deţinuse Kramers. Astfel am putut de la Paştile anului 1926 să lucrez din nou la Copenhaga, discuţiile zilnice cu Bohr reprezentînd, ca şi înainte, partea cea mai

importantă a vieţii mele ştiinţifice. Teoria atomică era acum pusă în mişcare din multe locuri. Ideile pe care de Broglie le formulase în 1924 asupra dualismului dintre reprezentarea corpusculară şi cea ondu- latorie au fost reluate de Schrodinger şi dezvoltate mai departe sub forma mecanicii ondulatorii. Primele lucrări ale lui Schrodinger apăruseră de curînd (Paştile anului 1926), dar deja auziserăm că Schrodinger reuşise, probabil, să demonstreze echivalenţa matematică a mecanicii sale ondulatorii cu mecanica cuantică, nou dezvoltată. Aceste progrese stăteau în centrul discuţiilor noastre la Copenhaga. Cercetările lui Schrodinger îi păreau lui Bohr din două motive extrem de importante : în primul rînd, ele întăreau încrederea în corectitudinea schemelor matematice, pe care le puteam acum numi, la fel de îndreptăţiţi, mecanica cuantică sau mecanica ondulatorie. în al doilea rînd, ele ridicau problema dacă nu cumva pentru interpretarea intuitivă a acestor scheme ar trebui urmate drumuri cu totul noi, care nu fuseseră avute în vedere la Copenhaga. Bohr a recunoscut imediat că aici ar trebui să se decidă asupra problemelor fundamentale, cu care el realmente se luptase necontenit din 1913, şi şi-a concentrat întreaga putere de gîndire să verifice din nou, critic, argumentele care-l conduseseră la conceptc cum ar fi stare staţionară, salt cuantic ş.a. Interpretarea mecanicii cuantice forma astfel de acum tema principală a discuţiilor noastre. Eu nu eram de fapt pregătit să recunosc influenţa teoriei lui Schrodinger asupra interpretării teoriei cuantice, considerînd-o mai degrabă ca un instrument excepţional de valoros pentru a rezolva problemele matematice ale teoriei cuantice, dar nimic mai mult. Bohr părea înclinat, dimpotrivă, să admită deja, în supoziţiile de bază ale teoriei, dualismul dintre unde şi particule. Această atitudine fundamentală corespundea faptului că eu mă preocupam în primul rînd numai de aplicarea practică a mecanicii cuantice la spectrul heliului. In aceasta jucau un rol important şi măsurătorile frumoase pe care le făcea Foşter asupra efectului puternic al spectrului heliului. Foster venise din Canada pentru cîtva timp la Copenhaga

ca să compare măsurătorile sale cu noua teorie. Discuţiile s-au purtat în cea mai mare parte în casa de odihnă a doamnei Maar, situată pe stîncile marine ale Nordjaellandei din Dalsgaarde, de lîngă Helsin- gor. Pe băncile aflate printre straturile de trandafiri ale grădinii, de pe care căutam adesea cu privirea peste Sund munţii de pe coasta suedeză, prelucram fotografiile spectrale mărite ale lui Foster şi comparam cu rezultatele teoriei imaginile liniilor măsurate. Corespondenţa era deplină, şi eram fericiţi să vedem cum ieşeau la iveală, ca să zicem astfel de la sine, atît de multe dintre detaliile cele mai complicate şi aparent nesistematice din formulele teoriei cuantice. Iar Bohr se bucura încă o dată, la fel cum se bucu-rase cu zece ani în urmă în cazul atomului de hidrogen ; efectul puternic oferea una dintre cele mai frumoase confirmări ale faptului că în înţelegerea atomului se aflase pe un drum corect. Adesea discutam şi cu Bohr despre teoria generală a spectrului heliului, pe care îl abordasem folosind liber atît metodele lui Schro- dinger cît şi pe acelea dezvoltate la Gottingen. Amîndoi eram adînc mulţumiţi de faptul că existenţa ambelor spectre, ortohelium şi para- helium, se putea acum deduce din principii generale, iar corelarea acestei stări cu „principiul lui Pauli" deschidea drumul spre înţelegerea finală a sistemului periodic al elementelor. In iunie am plecat cu lucrarea pe jumătate încheiată în Norvegia, am rămas vreo opt zile în Lillenammer, la Mjosasee, pentru a încheia ma-nuscrisul şi am călătorit apoi singur, cu manuscrisul în rucsac, de la Gudbrandsdal prin lumea de munţi din Jotunheim la Sognefjord, de unde m-am întors la Copenhaga cu vaporul şi trenul. Bohr a fost de acord cu lucrarea mea şi ea putea fi dată la tipar.
In iulie mi-am vizitat părinţii la Miinchen şi cu această ocazie am ascultat o conferinţă ţinută de Schrodinger în faţa fizicienilor miinchenezi asupra lucrărilor sale de mecanică ondulatorie. Astfel am aflat pentru prima oară de interpretarea pe care Schrodinger voia s-o dea schemei sale matematice a mecanicii ondulatorii şi am fost complet dezolat de confuzia conceptuală care, după părerea mea, se introducea prin aceasta în teoria atomului. Din păcate,

încercarea mea din cadrul discuţiilor de a pune din nou conceptele în ordine nu a avut nici un efect. Argumentul meu, conform căruia prin interpretarea lui Schrodinger nici măcar legea radiaţiei a lui Planck nu s-ar putea înţelege, nu a convins pe nimeni, iar Wilhelm Wien, fizicianul experimentator de la Uni-versitatea din Miinchen, a răspuns destul de tăios că astăzi ar trebui să se pună efectiv capăt salturilor cuantice şi întregii mistici atomice, greutăţile despre care vorbisem eu fiind deja rezolvate foarte repede de Schrodinger. Nu mai ştiu dacă l-am informat în scris pe Bohr asupra acestor evenimente din Miinchen. In orice caz, Bohr l-a invitat pe Schrodinger după puţină vreme la Copenhaga şi l-a rugat nu numai să conferenţieze asupra mecanicii sale ondulatorii, ci şi să rămînă ceva mai mult la Copenhaga, cu intenţia de a avea timp suficient pentru discuţiile privind interpretarea teoriei cuantice.

Aceste discuţii, care au avut loc, după cîte îmi amintesc, în septembrie 1926 la Copenhaga, mi-au produs o impresie deosebit de puternică, în special personalitatea lui Bohr. Căci, deşi Bohr era un om plin de atenţie şi îndatoritor, în asemenea discuţii, în care erau în joc probleme de cea mai mare importanţă epistemologică, el putea să răzbată în toate argumentele cu un fanatism şi cu o neînduplecare aproape şocantă, pînă la clarificarea lor ultimă. Nu a cedat deloc, chiar dacă trecuseră ore întregi de cînd dura disputa, pînă cînd Schrodinger nu a recunoscut că interpretarea sa nu era suficientă nici pentru a se explica fie măcar legea lui Planck. Toate încercările lui Schrodinger de a ocoli această concluzie amară au fost respinse treptat, punct cu punct, într-o discuţie infinit de dificilă. S-ar putea să fi fost o consecinţă a suprasolicitării faptul că Schrodinger s-a îmbolnăvit după cîteva zile şi a trebuit să stea la pat ca oaspete al casei Bohr. Dar nici atunci Bohr nu se îndepărta deloc de patul lui Schrodinger, şi mereu apărea propoziţia : ,,Dar, Schrodinger, trebuie totuşi să admiţi că...". Odată Schrodinger a exclamat aproape deznădăjduit : „Dacă va trebui să se rămînă totuşi la aceste blestemate salturi cuantice, atunci regret faptul

de a fi avut de-a face cu teoria atomică !" Bohr a răspuns doar : „Noi, ceilalţi, vă sîntem însă atît de îndatoraţi pentru faptul că aţi făcut-o şi prin aceasta aţi ajutat atît de hotărîtor teoria atomului". Schrodinger a plecat de la Copenhaga într-o măsură descurajat, în timp ce noi, cei din institutul lui Bohr, aveam sentimentul că în orice caz interpretarea schrodingeriană a teoriei cuantice, imitînd într-un fel prea uşor teoria clasică, era de acum respinsă, dar că pentru completa înţelegere a teoriei cuantice ne lipseau încă unele puncte de vedere importante. Discuţiile dintre Bohr şi colaboratorii săi din Copenhaga s-au concentrat din ce în ce mai mult, începînd din acest moment, asupra problemei centrale a teoriei cuantice, şi anume cum se poate aplica formalismul matematic la procesele experimentale individuale şi cum s-ar putea clarifica prin aceasta paradoxele atît de mult tratate, de exemplu contradicţia aparentă dintre reprezentarea ondulatorie şi cea corpus- culară. Erau inventate mereu experimente ideale în care paradoxele apăreau extrem de clar, încercînd să ghicim ce anume răspuns ar da natura în mod probabil în cazul unui asemenea experiment. Aici Bohr şi cu mine tindeam în direcţii oarecum diferite. Bohr încercase deja cu doi ani în urmă, într-o lucrare publicată împreună cu Kramers şi Slater, să facă din dualismul reprezentărilor corpusculară şi ondulatorie punctul de plecare al interpretării teoriei cuantice. Undele trebuiau interpretate ca repre- zentînd cîmpuri de probabilitate, în care caz era obligatorie abandonarea legii de conservare a energiei pentru procesul individual. Intre timp însă, Bothe şi Geiger au dovedit valabilitatea legii energiei şi pentru procesul individual. In ciuda acestui fapt, Bohr considera pe drept dualismul aparent ca un fenomen atît de central încît acesta îi apărea ca un punct de plecare natural pentru interpretarea teoriei cuantice. Eu însă îmi puneam toată încrederea în formalismul matematic nou obţinut; întrucît ipotezele fundamentale ale mecanicii cuantice fixaseră deja pentru anumite mărimi interpretarea fizică, credeam că dezvoltarea consecventă a acestor premise ar trebui în mod obligatoriu să ducă la interpretarea generală corectă,

astfel încît să nu mai fie necesare nici un fel de împrumuturi făcute de la alte reprezentări intuitive. Prin această deosebire a punctelor de vedere, proble-mele discutabile erau luminate şi cercetate din toate părţile, dar paradoxele nu se lăsau uşor înlăturate.
Locuiam pe atunci la mansarda institutului din Blegdamsnej, şi Bohr venea deseori seara tîrziu în camera mea pentru a discuta despre dificultăţile teoriei cuantice, care ne chinuiau pe amîndoi. Pe de o parte aveam sentimentul că soluţia era apropiată, că posedam o descriere matematică evident necontradictorie, pe de altă parte era complet neclar cum ar trebui exprimată în acest formalism chiar şi cea mai simplă situaţie experimentală, de exemplu traiectoria unui electron într-o cameră cu bule. în mecanica cuantică s-a plecat tocmai de la ideea că asemenea traiectorii electronice nici nu ar exista, iar în mecanica ondulatorie nu era de conceput de ce un proces ondulatoriu oarecum localizat, cum ar fi un pachet de unde, nu ar trebui ca după un scurt timp să se împrăştie din nou.
In acest timp, Dirac şi Jordan dezvoltaseră teoria transformărilor, la care contribuise şi munca pregătitoare din lucrările anterioare ale lui Born şi Jordan, şi această întregire a schemei matematice ne confirma faptul că nimic nu mai era de schimbat în ceea ce priveşte aspectul formal al teoriei cuantice, că totul depindea numai de unirea matematicii cu experimentele într-o modalitate necontradictorie. Dar cum anume trebuia să se petreacă aceasta rămînea ca şi pînă acum în întuneric. Astfel, discuţiile noastre de seară durau nu de puţine ori pînă după miezul nopţii, şi ne despărţeam adesea nesatis-făcuţi, deosebirea de direcţie în care căutam soluţia părîndu-ne de multe ori a reprezenta un obstacol. După una dintre aceste convorbiri tîrzii am ieşit încă adînc tulburat în Fălledpark, în spatele institutului, pentru a mă linişti înaintea somnului printr-o plimbare în aer proaspăt. Pe acest drum, sub stelele nopţii mi-a venit ideea aproape evidentă că ar trebui poate pur şi simplu să se postuleze faptul că natura permite numai asemenea situaţii experimentale care ar

putea fi descrise în schema matematică a mecanicii cuantice. Aceasta înseamnă — şi aceasta se poate deduce din formalismul matematic — că locul şi viteza unei particule nu pot fi cunoscute simultan cu exactitate. Nu am ajuns să discut amănunţit aceste posibilităţi cu Bohr, deoarece Bohr plecase chiar în acele zile (sfîrşitul lui februarie 1927) într-o vacanţă de ski în Norvegia. Probabil Bohr era de asemenea bucuros să-şi poată urma nestingherit propriile sale gînduri asupra interpretării teoriei cuantice. Şi eu puteam acum, rămas singur la Copenhaga, să dau drum liber ideilor mele şi m-am hotărît să fac din sus-amintita relaţie de nedeterminare punctul central al interpretării. Amintirea unei discuţii pe care o avusesem cu mult în urmă, la Gottingen, cu un prieten de studii m-a dus la ideea de a cerceta posibilitatea măsurării poziţiei printr-un microscop cu raze Y, şi astfel a rezultat foarte repede o interpretare a teoriei cuantice care mi se părea a fi coerentă şi lipsită de contradicţii. Am scris după aceasta o lungă scrisoare lui Pauli, un fel de schiţă preliminară a unei lucrări, iar răspunsul lui Pauli a fost deosebit de pozitiv şi încurajator. Cînd s-a întors Bohr din Norvegia, am putut să-i prezint deja o primă formă a unui studiu şi scrisoarea lui Pauli. Bohr a fost la început oarecum nemulţumit; el mi-a arătat că în această primă formă cîteva afirmaţii erau încă fals întemeiate, şi întrucît el insista pe drept pentru claritate severă chiar şi în privinţa detaliilor, acest punct îl deranja foarte tare. El însuşi îşi imaginase deja în Norvegia conceptul de complementaritate, care ar oferi posibilitatea de a se face din dualismul dintre imaginile ondulatorie şi corpusculară punctul de plecare al interpretării. Acest concept al complementarităţii corespundea exact acelei atitudini filozofice fundamentale pe care el o împărtăşise întotdeauna şi în care insuficienţa mijloacelor noastre de expresie era considerată o problemă filozofică centrală. De aceea îl deranja faptul că eu nu voiam să plec de la dualismul dintre unde şi particule. După cîteva săptămîni de discuţii, care nu au fost lipsite de tensiuni, am recunoscut însă în cele din urmă, în special datorită

influenţei lui Oskar Klein, că noi aveam în esenţă aceeaşi intenţie, că însăşi relaţia de nedeterminare reprezenta numai un caz special al acelei complementarităţi mai generale. Am trimis astfel lucrarea mea îmbunătăţită la tipar, iar Bohr a pregătit o expunere completă asupra conceptului complementarităţii.
Cum anume corespundea interpretarea prin conceptul complementarităţii cu vechile intuiţii filozofice ale lui Bohr mi-a apărut în mod special dintr-un episod care s-a petrecut, dacă-mi amintesc exact, în timpul unei plimbări cu un vas cu pînze de la Copenhaga spre Svendborg din Fyn. Bohr avea pe atunci împreună cu cîţiva prieteni şi colegi un vas cu pînze, al cărui căpitan era iscusitul şi simpaticul fizician- chimist Bjerrum. Excelentul chirurg Chiewitz se îngrijea de umor, chiar în timpul furtunilor, iar ceilalţi prieteni contribuiau fiecare în felul său la această viaţă fericită şi liberă. Bohr era preocupat de noua interpretare a teoriei cuantice, şi pe cînd vasul mergea cu pînzele întinse spre sud, fără ca noi să facem neapărat ceva, rămînea timp suficient pentru diferite relatări despre evenimentele ştiinţifice şi pentru consideraţii filozofice asupra esenţei teoriei atomice. Bohr a început să vorbească despre dificultăţile limbii, despre insuficienţa tuturor mijloacelor noastre de expresie, pe care trebuie să le acceptăm inevitabil ca apriorice, atunci cînd am vrea, în general, să ne îndeletnicim cu ştiinţa, şi el a declarat că este satisfăcător faptul că această insuficienţă este exprimată într-o manieră matematică deja clară în fundamentele teoriei atomice. Unul dintre prieteni a spus sec : „Dar, Niels, nu e realmente nimic nou, aceasta ne-ai povestit-o tu exact la fel acum zece ani".
Sfîrşitul acestei epoci aventuroase din istoria teoriei atomului l-au format Conferinţele Solvay de la Bruxelles din toamnele anilor 1927 şi 1930. Aici au fost prezenţi Planck, Einstein, Lorentz, Bohr, de Broglie, Born, Schrodinger — şi — din generaţia tînără — Kramers, Pauli, Dirac, iar discuţia s-a ascuţit mai tîrziu sub forma unui duel între Einstein şi Bohr asupra problemelor dacă teoria cuantică şi forma pe care o obţinuse ar putea fi considerate

deja ca o soluţie definitivă a dificultăţilor dezbătute timp de mai multe decenii. Ne întîlneam cel mai adesea la masa pentru micul dejun în hotel. Einstein a început să descrie un experiment ideal prin care, credea el, vor deveni evidente contradicţiile interne ale interpretării copenhagheze. Einstein, Bohr şi cu mine plecam după aceea împreună de la hotel la sala conferinţei, iar eu ascultam discuţiile vii dintre cei doi oameni atît de diferiţi în concepţiile lor filozofice şi ocazional interveneam cu cîte o observaţie asupra formalismului matematic. In cursul şedinţelor, şi mai ales în pauze, noi, cei tineri, în special Pauli şi cu mine, încercam să analizăm experimentul lui Einstein, iar la vremea amiezii continuau discuţiile între Bohr şi alţi colegi. Bohr a avut gata după-amiază ana-liza completă a experimentului ideal şi i-a prezentat-o lui Einstein la masa de seară. Einstein nu a putut obiecta nimic concret analizei, dar în adîncul său nu era convins. Ehrenfest, prietenul olandez al lui Bohr, i-a spus : „Einstein, îmi este ruşine pentru tine, căci tu te raportezi acum la teoria cuantică la fel cum au făcut-o adversarii teoriei relativităţii în încercările lor zadarnice de a o contrazice". In ultima zi, Einstein a adus la micul dejun cunoscutul experiment (explicat în articolul lui Bohr la a 70-a aniversare a lui Einstein), în care culoarea cuantelor de lumină ar trebui să fie determinată prin cîntărirea sursei de lumină înainte şi după emisia cuantelor. întrucit aici intervenea greutatea, trebuia să se introducă în analiză teoria gravitaţiei, deci teoria generală a relativităţii. A fost un deosebit triumf faptul că Bohr, seara, folosind tocmai formulele einsteiniene ale teoriei generale a relativităţii, a putut să arate că şi în acest experiment relaţia de nedeterminare se păstrează, că obiecţia lui Einstein era astfel neîntemeiată. Cu aceasta părea că de acum interpretarea copenhagheză a teoriei cuantice era asigurată.

In toamna lui 1972 a trebuit să părăsesc Copenhaga, întrucît acceptasem un post de profesor la Universitatea Leipzig. Deşi mă întorceam aproape în fiecare an pentru cîteva săp- tămîni la Copenhaga şi discutam cu Bohr

asupra problemelor care ne interesau pe amîndoi, timpul acelei colaborări strînse, care fusese plin pînă la limită de evenimente ştiinţifice tulburătoare şi în care am învăţat nesfîrşit de multe de la Bohr, luase astfel, din păcate, sfîrşit.

FIZICA — DINCOLO DE DOMENIUL EI

ŞTIINŢA CA MIJLOC DE ÎNŢELEGERE INTRE POPOARE

Dragi studenţi!

S-a spus adesea că ştiinţa reprezintă o punte între popoare, că ea serveşte înţelegerii acestora. S-a accentuat mereu, pe drept, că ştiinţa este internaţională, că gîndirea oamenilor se îndreaptă spre probleme care pot fi înţelese de multe popoare şi la a căror soluţionare pot lua parte cercetători aparţinînd unor limbi sau rase diferite. Vorbindu-vă astăzi despre acest rol im-portant al ştiinţei, nu aş vrea să trec prea uşor peste această temă fără a dezbate şi tezele opuse, care se mai aud încă adesea : ştiinţa este naţională, gîndirea unor rase diferite este fundamental deosebită şi astfel este şi ştiinţa lor. Mai departe, ştiinţa trebuie să servească în primul rînd propriului popor, să asigure puterea politică proprie. Căci, în primul rînd, ştiinţele naturii formează baza tehnicii şi prin aceasta a progresului practic şi a puterii militare, iar în al doilea rînd este sarcina ştiinţelor spiritului aceea de a întemeia concepţia despre lume, adică acele opinii care par în ochii propriului popor ca fundament al puterii politice. Care dintre aceste două concepţii este cea corectă, ce greutate au argumentele care au fost invocate în sprijinul lor ?

1. Dacă dorim să clarificăm aceste probleme, trebuie mai întîi să ştim cum se face realmente ştiinţa şi cum ajunge în contact omul individual cu problema sa ştiinţifică şi cu oamenii care ca şi el sînt interesaţi de această problemă. întru- cît eu cunosc bine numai ştiinţa mea, nu mi-o veţi lua în nume de rău dacă vă voi vorbi mai întîi despre fizica atomică şi vă voi spune cum m-am orientat eu însumi ca student spre acest domeniu.

In 1920, cînd părăseam liceul, pentru a urma Universitatea din Miinchen, situaţia externă era pentru tinerime

aproximativ asemănătoare cu cea de astăzi. Infrîngerea din primul război mondial a trezit în noi o adîncă neîn-credere în idealul pentru care fusese purtat şi pierdut acest război şi care ne apărea acum inconsistent ; noi ne-am luat de aceea dreptul de a căuta singuri ce este valoros şi ce este lipsit de valoare în această lume, fără a mai întreba despre aceasta pe părinţii şi pe profesorii noştri. Pe lîngă multe alte valori, am descoperit atunci din nou şi ştiinţa ; după studiul unor cărţi de popularizare am început să mă interesez despre ce reprezintă un atom şi care anume dintre ciudatele afirmaţii care s-au făcut în teoria relativităţii despre spaţiu şi timp sînt întemeiate. Astfel am ajuns la cursul profesorului meu de mai tîrziu, Sommerfeld, care a înţeles să ţină mereu treaz acest interes şi de la care am învăţat în cursul semestrului cum a dezvoltat el pe baza cercetărilor lui Rontgen, Planck, Rut- herford şi Bohr o înţelegere nouă, mai adîncă a atomului. Am aflat astfel că danezul Niels Bohr şi lordul englez Rutherford şi-au reprezentat atomul ca un mic sistem planetar şi că se va reuşi probabil odată, cu ajutorul teoriei lui Bohr, să se deriveze din traiectoria planetară a electronilor toate proprietăţile chimice ale elementelor, dar că, pînă acum, aceasta nu s-a reuşit încă. Acest ultim punct m-a atras pe mine, natural, cel mai mult, şi orice lucrare a lui Bohr era discutată în seminarul miinchenez cu multă pasiune şi ardoare. De aceea vă puteţi închipui ce a însemnat pentru mine faptul de a fi fost invitat de Sommerfeld în vara anului 1922 să-l însoţesc la Gottingen pentru a asculta o serie de conferinţe pe care Niels Bohr trebuia să le ţină asupra teoriei sale a atomului aici, la casa universităţii. Această săptămînă de conferinţe din Gottingen, despre care la noi s-a vorbit mai tîrziu mereu ca despre „Festivalul Bohr", a fost hotărîtoare pentru relaţiile mele ulterioare cu ştiinţa, şi în mod deosebit cu fizica atomului.

Mai întîi, se putea urmări în conferinţele lui Bohr puterea de gîndire a unui om care realmente s-a luptat cu aceste probleme, astfel încît ajunsese să le cunoască mai bine decît oricare alt om din lume. Apoi existau unele puncte asu-pra cărora eu îmi formasem mai înainte, în Miinchen,

alte opinii decît cele pe care le auzeam expuse de către Bohr ; am ajuns să dezbatem aceste probleme împreună cu Bohr, cu prilejul unor plimbări comune la Rohn şi pe Hainberg.
Aceste discuţii mi-au lăsat cea mai adîncă impresie ; am învăţat, în primul rînd, de la el că era evident indiferent pentru înţelegerea structurii atomului dacă eşti german, danez sau englez ; mai apoi am învăţat ceva poate şi mai important, că tocmai în ştiinţă se poate, în cele din urmă, decide ce este adevărat şi ce este fals ; aici nefiind vorba despre credinţă sau concepţie despre lume sau ipoteze, ci despre o afirmaţie determinată care finalmente este adevărată, celelalte fiind false ; iar care anume este adevărată, aceasta o decide din nou nu credinţa sau originea, sau rasa, ci aceasta o decide natura sau, dacă doriţi astfel, bunul dumnezeu, în orice caz însă nu oamenii. îmbogăţit cu aceste cunoştinţe, m-am întors apoi la Miinchen şi mi-am continuat, sub conducerea profesorului Sommerfeld, propriile mele încercări de a merge mai departe în problemele structurii atomului. După examenul de doctor am plecat în toamna anului 1924, cu ajutorul unei burse Rockeffeller, la Copenhaga pentru a lucra cu Bohr. Acolo am intrat într-un cerc format din oameni tineri aparţinînd unor naţiuni diferite ; englezi, americani, suedezi, norvegieni, olandezi, japonezi, oameni sinceri, care doreau să lucreze la aceeaşi problemă, teoria atomică a lui Bohr, şi care în rest erau aproape întotdeauna împreună ca o familie, la excursii şi jocuri, la petreceri şi sport. In cadrul acestui cerc de fizicieni atomişti am avut ocazia să cunosc realmente oameni aparţinînd altor popoare şi modul lor de gîndire. Obligaţia de a învăţa şi a vorbi limbi străine era cea mai bună educaţie în vederea familiarizării cu alte zone ale vieţii, cu literatura şi arta străină şi, prin aceasta, pentru a învăţa să judeci mai bine şi raporturile din propria ta ţară. De asemenea îmi era din ce în ce mai clar ce puţină importanţă avea deosebirea dintre popoare şi rase atunci cînd era vorba de o muncă comună la anumite probleme dificile ; chiar şi deosebirea de gîndire, care se exprimă în mod special, de exemplu, în

artă, o simţeam mai degrabă ca o îmbogăţire a propriilor mele posibilităţi decît ca o distorsiune.
Astfel am ajuns, de exemplu, în vara lui 1925 la Cambridge, în Anglia, şi am ţinut o expunere în faţa unui mic cerc de teoreticieni, într-un colegiu, în sala de lucru a fizicianului rus Kapiţa, asupra studiului meu de atunci. Printre participanţi se afla un student de 23 de ani, neobişnuit de talentat, Dirac, care a preluat problemele mele şi în cîteva luni după aceea a construit, graţie superiorităţii cunoştinţelor sale de matematică, o teorie cuantică unitară a învelişului atomic. Maniera sa de a gîndi era extrem de îndepărtată de a mea, metodele sale matematice erau mai elegante şi mai neobişnuite decît metodele noastre de la Gottingen ; la sfîrşit el a ajuns însă, în punctele esenţiale, la rezultate echivalente cu acelea pe care le-am obţinut Born, Jordan şi cu mine la Gottingen ; sau rezultatele se întregeau reciproc în modul cel mai elegant — încă o dovadă a faptului că ştiinţa este obiectivă, că ea nu depinde de limba, rasa sau credinţa cercetătorului.
Pe lîngă Copenhaga şi Cambridge, Gottingen rămăsese un centru al acestei familii internaţionale de fizicieni atomişti, condus aici de Franck, Born şi Pohl ; pe atunci studiau aici, la Gottingen, mulţi dintre oamenii despre care voi citiţi astăzi în legătură cu bomba atomică, cum ar fi Oppenheimer, Blackett sau Fermi.
Am vorbit despre aceste amintiri personale numai pentru a vă arăta printr-un exemplu cît de internaţională este de fapt comunitatea ştiinţei. Natural, timp de secole nici în alte ştiinţe nu a fost altfel; această familie a fizicienilor atomişti nu este ceva special, şi v^aş putea enumera din istoria ştiinţei multe grupuri internaţionale de savanţi care, prin munca ior comună la un cerc nou de probleme, erau uniţi pe deasupra graniţelor dintre popoarele lor.
Ar trebui poate în amintirea lui Leibniz, care va fi sărbătorit în mod deosebit în acest an, şi în amintirea întemeierii academiilor ştiinţifice să mai numesc acel grup de cercetători care în secolul al XVII-lea au întemeiat ştiinţa matema-tică a naturii în Europa. Aş cita cîteva propoziţii pe care Dilthey le-a scris despre această epocă :

,,Intre puţinele persoane care şi-au dedicat viaţa acestei ştiinţe noi, existau nişte relaţii care nu erau limitate de nici o graniţă de limbă sau naţiune. Ei formau o nouă aristocraţie şi se simţeau ca atare. Aşa cum se simţiseră mai înainte în epoca Renaşterii umaniştii şi artiştii. Limba latină şi apoi cea franceză făceau posibilă cea mai uşoară înţelegere reciprocă, şi ele reprezentau instrumentul unei literaturi ştiinţifice mondiale. Parisul era deja la mijlocul secolului al XVII-lea centrul colaborării gînditorilor şi cercetătorilor naturii. Acolo îşi schimbau ideile Gassendi, Mersenne şi Hobbes, însuşi mîndrul pustnic Descartes apărea temporar în acest cerc, si prezenţa sa la Paris a făcut epocă în viaţa lui Hobbes şi apoi în aceea a lui Leibniz ; căci amîndoi au fost acolo cuprinşi de spiritul ştiinţei matematice a naturii. După aceea, un alt centru a devenit Londra..."
In acest fel s-a realizat în toate timpurile ştiinţa, iar „Republica savanţilor" a jucat mereu în viaţa europeană un rol hotărîtor. Prin aceasta se înţelege de la sine faptul că apartenenţa la un asemenea cerc internaţional nu a împiedicat deloc pe cercetătorii individuali să servească prin opera lor propriul popor şi să se simtă ca membru al acestui popor. Dimpotrivă, extinderea orizontului intelectual ne-a făcut mai degrabă să apreciem şi să iubim în mod deosebit aspectele pozitive ale patriei noastre, să ne simţim obligaţi mai mult faţă de ea decît faţă de oricare altă ţară.
2. După ce s-a vorbit îndeajuns despre aceasta, trebuie să ajungem la întrebarea de ce toate aceste colaborări ştiinţifice, toate aceste relaţii umane pure ajută aparent atît de puţin atunci cînd este vorba de a împiedica ura şi războiul.
Aici trebuie scos mai întîi în evidenţă faptul că ştiinţa reprezintă doar o mică parte a vieţii publice, că doar foarte puţini oameni din fiecare stat au de-a face realmente cu ştiinţa. Politica însă este modelată de forţe mai puternice ; aici intră în scenă comportamentul unor mase enorme de oameni, situaţia lor economică, tendinţa spre putere a unor grupuri de oameni oarecum favorizaţi de tradiţie, şi aceste

forţe s-au impus pînă acum mereu împotriva acelui mic număr de oameni care ar fi fost în stare să analizeze problemele disputate în sensul ştiinţei, adică obiectiv, realist şi în spiritul înţelegerii. Influenţa ştiinţei asupra politicii a rămas întotdeauna extrem de redusă. Acest fapt, luat în sine, este uşor de înţeles, el îl pune însă pe cercetător foarte des într-o situaţie care, în multe privinţe, este mai grea decît a oricărui alt grup de oameni. Căci ştiinţa are prin urmările ei practice realmente o mare influenţă asupra vieţii popoarelor ; civilizaţia şi puterea politică depind de nivelul ştiinţei, iar aceste consecinţe practice nu pot fi ignorate de savant nici chiar atunci cînd propriile sale interese ştiinţifice izvorăsc din alte surse mai pure. Astfel, acţiunea unui cercetător a avut adesea o mult mai mare greutate decît ar fi dorit-o el însuşi şi nu a fost cruţat de a decide absolut singur, după propria sa conştiinţă, ce anume lucruri să considere bune sau rele. Cînd opoziţiile dintre popoare deveneau ireconciliabile, nu-i rămînea adesea decît alegerea dureroasă de a se îndepărta de oamenii propriului său popor ori de aceia de care-l lega munca lor comună. Desigur, situaţia se prezintă din acest punct de vedere oarecum deosebită în diferite ştiinţe. Medicul, care ajută prin opera sa pur şi simplu alţi oameni, indiferent din ce popor, poate să pună în acord în munca sa mai uşor cerinţele statelor cu propria sa conştiinţă decît fizicianul, ale cărui cunoştinţe ar putea conduce la construirea unor arme distrugătoare. In ansamblu rămîne însă întotdeauna o tensiune între cerinţa statelor — ştiinţa trebuie să servească în primul rînd intereselor practice ale propriului popor, deci şi întăririi propriei puteri politice — şi obligaţia cercetătorului faţă de opera comună începută cu oameni de alte naţiuni. Raportul dintre omul de ştiinţă şi stat s-a modificat în deceniile trecute într-o manieră caracteristică. In timp ce în primul război mondial legăturile interne ale oamenilor de ştiinţă cu • latele lor erau atît de strînse încît de mai multe ori au fost excluşi din academii savanţi ai altor ţări şi s-au semnat rezoluţii în favoarea propriilor cauze şi împotriva altor popoare, asemenea fapte nu s-au mai

întimplat în vremea celui de-al doilea război, legătura reciprocă a cercetătorilor a fost adesea mai puternică, şi anume într-o asemenea măsură încît în multe ţări au apărut dificultăţi între savanţi şi propriile lor guverne. Pe de o parte, cercetătorul şi-a pretins dreptul să judece independent şi fără obligaţii filozofice politica guvernului lui ; pe de altă parte, statul din multe ţări se opunea relaţiilor internaţionale ale cercetătorilor, cu o profundă neîncredere, astfel încît savanţii erau trataţi adesea ca prizonieri în propria lor ţară, iar relaţiile lor internaţionale păreau vulnerabile moraliceşte. Invers, pentru savanţii de azi a devenit aproape de la sine înţeles că acolo unde este posibil trebuie să fie ajutaţi chiar şi savanţii care aparţin unor ţări duşmane.
Poate că această evoluţie semnifică o fericită întărire a legăturilor internaţionale în raport cu cele naţionale, dar trebuie să avem grijă ca aceasta să nu se transforme în punctul de plecare al unui val periculos al neîncrederii şi al urii maselor mari de oameni împotriva situaţiei savanţilor. Greutăţi de genul sus-amintit au existat, desigur, şi la începutul epocii moderne, atunci cînd oamenii de ştiinţă au împărtăşit, în opoziţie cu puterea politică, principiul fundamental al toleranţei şi al independenţei faţă de concepţiile dogmatice. Nu trebuie să ne gîndim decît la Galilei şi la Giordano Bruno. Dar aceste dificultăţi au astăzi poate o mai mare pondere ca înainte, deoarece consecinţele practice ale ştiinţei au luat o asemenea proporţie încît acum se află în joc absolut nemijlocit soarta a milioane de oameni.
Ajung cu aceasta la o latură foarte îngrijorătoare a vieţii de astăzi, pe care trebuie s-o recunoaştem clar pentru a acţiona corect. Mă gîndesc nu numai la faptul că fizica a pus stă- pînire în ultimii ani pe surse de energie carc ar putea duce la distrugeri inimaginabile, ci şi la posibilităţile din alte domenii de a interveni asupra naturii, devenite extrem de periculoase. Mijloacele chimice nu au fost totuşi folosite ca mijloc de distrugere a vieţii în acest război. Dar chiar şi în domeniul biologiei s-a pătruns atît de adînc în procesele eredităţii, în structura şi chimia

macromoleculelor proteice încît producerea artificială a celor mai periculoase boli molipsitoare sau influenţarea evoluţiei biologice a oamenilor în sensul unei anumite disciplinări dorite aparţin domeniului posibilului. In fine, şi influenţarea spirituală a oamenilor ar putea, dacă este exercitată după modalităţi ştiinţifice, să conducă la modificări .sufleteşti pline de consecinţe în cadrul unor mari mase de oameni. Există impresia că ştiinţa, să zicem astfel, se apropie pe un front larg de un domeniu în care viaţa şi moartea omenirii în general ar putea să depindă în modul cel mai îngrijorător de acţiunile unui singur grup extrem de mic de oameni. Pînă acum maniera jurnalistică şi senzaţională în care se vorbeşte despre aceste lucruri în ziare îi împiedică încă pe oameni să recunoască pericolul enorm eu care ne ameninţă această evoluţie inevitabilă. Dar din nou, este sarcina ştiinţei de a face pe alţi oameni să înţeleagă cît de periculoasă a devenit această lume şi cît de important este ca toţi oamenii, independent de legăturile naţionale sau ideologice, să se unească pentru a preîntîmpina acest pericol. Desigur, aceasta este mai uşor de spus decît de făcut, dar, în orice caz, ea este o sarcină care nu mai poate fi ocolită.

Cercetătorul individual stă însă în faţa cerinţei amare de a trebui, complet liber de toate legăturile, să decidă după propria sa conştiinţă care luoru este bun sau chiar : care dintre două lucruri este mai puţin rău. Nu putem ascunde faptul că mase mari de oameni şi odată cu ele potentaţii care le guvernează, orbiţi adesea de prejudecăţi, acţionează iraţional, iar acela care le oferă cunoaşterea ştiinţifică poate cădea uşor în situaţia despre care vorbeşte Schiller în versurile sale : „Vai de acela care împrumută orbului pe vecie lumina făcliei cereşti, ea nu-l va ilumina, ea poate doar să aprindă şi să prefacă în cenuşă oraşe şi ţări".

Poate ştiinţa, în această situaţie, să contribuie realmente la înţelegerea între popoare ? Ea poate descătuşa mari forţe, mai mari ca oricare altele pe care le-a posedat omul, dar forţele duc la haos dacă nu sînt coordonate dintr-un singur centru.

3. Şi cu aceasta am ajuns la cea mai specifică sarcină a ştiinţei. Evoluţia schiţată mai sus, în care forţele naturii, aparent dominate de oameni, se întorc împotriva lor şi produc mari distrugeri, stă, desigur, într-o strînsă corelaţie cu anumite procese spirituale ale timpului nostru, despre care va trebui să vorbim acum.
Să ne întoarcem cu cîteva secole în istorie. La sfîrşitul evului mediu, oamenii aveau pe lîngă realitatea creştină, în centrul căreia se afla revelaţia divină, şi cealaltă realitate, pe care o descoperă experienţa materială, realitatea obiectivă, despre care putem obţine cunoştinţe prin experienţa senzorială sau prin experimentele realizate asupra naturii. Dar chiar şi prin pătrunderea în acest nou domeniu al realităţii au rămas nemodificate anumite forme fundamentale ale gîndirii. Lumea consta din lucrurile aflate în spaţiu, care se modifică în timp prin cauză şi acţiune, şi în afară de aceasta exista domeniul spiritual, realitatea sufletului propriu, în care se reflecta lumea externă ca într-c oglindă mai mult sau mai puţin perfectă. Cu toate că această nouă realitate a Epocii Moderne, a cărei imagine era determinată de ştiinţa naturii, se deosebea atît de mult de realitatea creştină, totuşi ea înfăţişa încă o ordonare divină a lumii, în care oamenii, cu acţiunile şi faptele lor, se aflau pe un teren solid şi nu trebuiau să se îndoiască de sensul vieţii lor. Lumea era infinită în spaţiu şi timp, ea luase într-o anumită măsură, locul lui dumnezeu sau, prin infinitatea ei, devenise cel puţin simbolul dum- nezeirii. Dar chiar şi această imagine asupra lumii a fost distrusă de-a lungul secolului nostru. In măsura în care acţiunea practică a devenit centrul concepţiei despre lume, schemele de gîndire fundamentale şi-au pierdut semnificaţia lor absolută ; spaţiul şi timpul înseşi au devenit obiect al experienţei, pierzîndu-şi conţinutul simbolic. In ştiinţă a pătruns din ce în ce mai mult conştiinţa faptului că înţelegerea lumii nu poate să înceapă cu o anumită cunoaştere sigură, că nu se poate întemeia pe solul tare al unei asemenea cunoaşteri, ci că toate cunoştinţele plutesc pe o mare fără fund.

Acestei evoluţii din domeniul ştiinţei îi corespunde probabil în viaţa oamenilor creşterea sentimentului relativităţii tuturor valorilor, sentiment care poate fi urmărit de cîteva decenii şi care s-a intensificat într-o atitudine sceptică, la sfîrşitul căreia stă întrebarea disperată „pentru ce ?". Astfel s-a dezvoltat acea atitudine numită „nihilism", credinţa în nimic. Din această perspectivă viaţa apare lipsită de sens. ea reprezentînd, în cel mai bun caz, o aventură în care sîntem aruncaţi fără asentimentul nostru. Forma cea mai supărătoare în care întîlnim această atitudine în mari părţi ale lumii de azi este, cum s-a exprimat von Weizsäcker de cu- rînd, nihilismul iluzionar, adică nihilismul învăluit în iluzii şi autominţire. Trăsătura caracteristică a acestei atitudini nihiliste este lipsa unui centru ordonator, din care individul să-şi primească în fiecare caz orientarea şi forţa. Aceasta se exprimă în viaţa indivizilor prin lipsa unui instinct sigur pentru ceea ce este drept şi nedrept, pentru ceea ce este iluzie şi ceea ce este pur, iar în viaţa popoarelor această lipsă duce la fenomenul straniu că forţe neobişnuite acumulate pentru realizarea unui scop anumit îşi modifică direcţia şi ajung prin- tr-o acţiune distrugătoare exact la opusul acestui scop ; la această răsfrîngere a forţelor, oamenii, adesea orbiţi de ură, privesc doar cu nepăsare şi cu cinism.

Am spus mai sus că această evoluţie a comportării oamenilor este probabil într-o strînsă legătură cu evoluţia gîndirii umane, şi ca urmare trebuie pusă întrebarea dacă nu cumva şi în ştiinţă s-a pierdut acest centru ordonator, care în alte domenii ale vieţii s-a îndepărtat de noi. Aş dori acum foarte mult să vă lămuresc că nu poate fi vorba despre aşa ceva ; că, dimpotrivă, situaţia spirituală în ştiinţă reprezintă azi poate cel mai tare argument pe care-l avem pentru o atitudine mai optimistă faţă de marile probleme ale lumii.

Căci, deşi şi în domeniile ştiinţei, cum am spus mai înainte, ne amintim de faptul că întreaga cunoaştere pluteşte pe o mare fără fund, tocrnai în aceste domenii s-a atins, în sfîrşit, o ordine a fenomenelor clară ca cristalul; o ordine a

cărei transparenţă şi putere de convingere sînt atît de mari încît este considerată de cercetătorii unor popoare şi rase diferite ca fundament ne-îndoielnic al meditaţiei şi al unei cunoaşteri mai largi. Natural, există în ştiinţă şi eroarea, şi poate dura uneori vreme îndelungată pînă cînd ea va fi recunoscută şi depăşită. Noi putem însă să ne încredem întotdeauna în faptul că, în cele din urmă, se va decide ce este adevărat şi ce este fals şi că noi vom şti acest lucru ; iar această decizie nu depinde de credinţa, de rasa, de originea cercetătorilor, ci este valabilă pentru toţi oamenii şi pentru toate timpurile. Pe cînd în viaţa politică a oamenilor nu pot fi astfel deloc împiedicate schimbarea constantă a valorilor, lupta unor iluzii şi a unor idealuri neadevărate împotriva unor alte iluzii şi idealuri neadevărate, în ştiinţă intrăm într-un domeniu în care ceea ce spunem este în cele din urmă ori adevărat, ori fals. Şi aici există o altă putere mai înaltă, care, neinfluenţată de dorinţele noastre, decide definitiv şi prin aceasta valorizează. In centru se află aici, aşa mi se pare, domeniul ştiinţei pure, în care nu este deloc vorba despre aplicaţii practice, în care, dacă pot să spun astfel, gîndirea pură urmăreşte mai mult armoniile ascunse ale lumii. Acest domeniu interior, în care ştiinţa nu se mai poate separa de artă, este poate pentru omenirea actuală locul în care ea se întîlneşte cu adevărul în toată puritatea sa, neînvăluit de ideologiile şi dorin-ţele umane.

S-ar putea obiecta, desigur, că acest domeniu este totuşi închis pentru marea masă a oamenilor şi tocmai de aceea el are o semnificaţie minoră pentru comportarea oamenilor. Insă marea masă a oamenilor nu a avut nici în alte perioade acces nemijlocit la sferele centrale de activitate, şi poate le este şi astăzi suficient să ştie că această poartă nu le este deschisă tuturora, dar că dincolo de această poartă nu pot fi înşelaţi, că tocmai acolo decide o putere superioară, şi nu noi înşine. In vremurile de demult, oamenii puteau să vorbească în diferite moduri asupra acestei sfere centrale. Se foloseau concepte cum ar fi „sens", „Dumnezeu" sau se vorbea despre ea în parabole sau în tonuri, sau în imagini. Chiar şi astăzi există multe

drumuri spre acest centru, iar ştiinţa este doar unul dintre acestea. Dar în epoca noastră poate nu există o altă limbă general recunoscută în care se poate spune inteligibil tot ce putem afla asupra acestei sfere ; de, aceea pentru mulţi ea nu mai este evidentă. Ea există însă la fel de mult ca şi pentru toate celelalte timpuri, iar ordinea lumii poate proveni numai din acest domeniu şi numai de la acei oameni a căror viziune asupra ei nu este blocată.
Dacă ştiinţa trebuie, aşadar, să contribuie la înţelegerea între popoare, atunci ea nu poate face aceasta prin importanţa ei practică, nici prin bunăvoinţa pe care ea, de exemplu, o manifestă faţă de un bolnav, nici prin groaza cu care ea poate sili o putere politică s-o recunoască, ci numai prin aceea că îndrumă privirea spre acel domeniu central din care se ordonează lumea în totalitatea ei; astfel, pur şi simplu poate numai prin aceea că ea este frumoasă. Celui căruia îi pare o aroganţă a-i atribui această pondere ştiinţei în epoca contemporană i s-ar putea aminti că, deşi noi putem, pe bună dreptate, în multe domenii ale vieţii să invidiem epocile anterioare, care au făcut lucruri mai bune decît noi, epoca noastră însă nu este egalată de nici una dinaintea ei în privinţa realizărilor ştiinţifice, în cunoaşterea pură a lumii.
Astfel, indiferent ce se va întîmpla în alte domenii în deceniile următoare, interesul oamenilor pentru cunoaştere va rămîne treaz. Chiar dacă acest interes ar putea fi pentru un timp umbrit de consecinţele practice ale ştiinţei şi de tendinţa spre putere, el se va impune şi va uni oamenii unor popoare şi rase diferite. Mereu vor fi fericiţi oamenii în toate părţile pă- mîntului atunci cînd vor dobîndi o nouă cunoaştere şi ei vor fi mereu recunoscători aceluia care a exprimat-o mai întîi.
Dragi studenţi, v-aţi adunat aici pentru a contribui în cercul vostru la înţelegerea dintre popoare ; nu veţi putea face aceasta mai bine decît dacă cu libertatea şi lipsa de grijă a tinerilor veţi cunoaşte oamenii altor ţări, modul lor de a gîndi şi de a simţi ; decît dacă preocupîndu-vă de ştiinţă veţi ajuta la răspîndirea acelei maniere serioase şi incoruptibile de gîndire, fără de care nu este posibilă nici o

înţelegere, şi decît dacă dincolo de ştiinţă veţi urmări şi respecta acele lucruri care sînt în fond determinante şi despre care este atît de greu de vorbit.

CONCEPTUL DE „TEORIE ÎNCHISA" IN ŞTIINŢA MODERNA A NATURII

Interpretarea fizică a teoriei cuantice moderne a pus anumite probleme epistemologice care privesc în general conţinutul de adevăr al teoriilor ştiinţelor naturii. Pentru înţelegerea punctului de vedere din care judecăm astăzi pretenţia de adevăr a unei asemenea teorii, este oportun să urmărim dezvoltarea istorică şi să observăm pe baza ei cum s-au modificat obiectivele ştiinţelor naturii în decursul secolelor. înainte de a trece la discutarea pro-blemelor principale să începem cu o scurtă privire istorică.

1. Să ne amintim de începutul ştiinţei moderne a naturii din secolele al XVI-lea şi al XVII-lea. Kepler voia să recunoască armonia sferelor în mişcarea aştrilor, în fenomene individuale de o deosebită însemnătate şi măreţie ; el credea că se află prin aceasta, nemijlocit, în faţa cunoaşterii planului divin al creaţiei. Ideea unei înţelegeri matematice complete a tuturor fenomenelor individuale de pe acest pămînt îi era complet străină. Newton nu s-a mai mulţumit cu stabilirea unor legi individuale de o deosebită frumuseţe matematică. El a dorit să clarifice direct procesele mecanice ; el a recunoscut şi faptul că .aceasta era o sarcină practic nemărginită. El credea însă că va putea să stabilească conceptele şi legile fundamentale pe baza cărora cel puţin în viitor o asemenea explicaţie ar trebui să fie posibilă. Newton a corelat conceptele fundamentale printr-un grup de axiome, care pot fi traduse nemijlocit în limbaj matematic, şi prin aceasta a creat pentru prima dată posibilitatea reproducerii unei multitudini de feno-mene într-un formalism matematic. Prin calcul, procesul individual complicat putea fi înţeles şi, prin aceasta, „explicat" ca o consecinţă a legilor fundamentale. Chiar cînd procesul însuşi nu era observat, producerea sa putea fi „prezisă" din condiţiile iniţiale şi presupoziţiile fizice.

Perfecţionarea acestei mecanici de către generaţiile ulterioare a dus la un asemenea succes încît s-a născut ideea că, în principiu, toate procesele din lume ar putea fi reduse la procese mecanice, cum ar fi acelea care se petrec cu cele mai mici părţi ale materiei. Asupra corectitudinii mecanicii newtoniene se credea că ea nu mai putea fi supusă îndoielii. Întrucît în această mecanică se putea calcula din condiţiile iniţiale întregul viitor al sistemului, s-a conchis astfel că cunoaşterea exactă a tuturor circumstanţelor mecanice ale lumii va face posibilă, în principiu, calcularea completă a comportării viitoare. Această idee, care a fost cel mai clar formulată de către Laplace, arată că la începutul secolului al XlX-lea tipul de legi ale naturii formulate matematic, creat de Newton, determinase, în mare măsură, gîndirea natura- list-ştiinţifîcă.
Pentru secolul al XlX-lea, mecanica era pur şi simplu echivalentă cu ştiinţa exactă a naturii. Sarcinile şi domeniul ei de aplicaţie păreau a fi nelimitate. Boltzman însuşi împărtăşea încă credinţa că un proces fizic va putea fi înţeles numai atunci cînd el va putea fi explicat mecanic. Prima breşă în această lume imaginară a fost făcută de teoria fenomenelor electromagnetice a lui Maxwell. Această teorie a oferit o reprezentare matematică a proceselor fără a se reduce la mecanică. Era natural ca după aceasta să izbucnească o polemică ascuţită în jurul întrebării dacă teoria maxwelliană poate fi înţeleasă fără ajutorul mecanicii. Mulţi au încercat să interpreteze mecanic teoria lui Maxwell prin acceptarea unei substanţe ipotetice, eterul. La o criză propriu-zisă a dus această luptă prin descoperirea aşa-numitei teorii „speciale" a relativităţii, în 1905, de către Einstein. Prin aceasta s-a decis că teoria maxwelliană, din cauza ipotezelor conţinute implicit asupra spaţiului şi timpului, nu se putea reduce la procese mecanice ce se supun legilor newtoniene. Părea astfel inevitabilă concluzia : sau mecanica newtoniană va trebui să fie falsă, sau teoria maxwelliană.
în vremea care a urmat, unii cercetători ai naturii şi unii filozofi au apărat cu îndîrjire încă cîteva decenii punctul de

vedere al mecanicii newtoniene sub forma modelelor eterului: în cele din urmă, disputa, ca şi alte dispute conceptual filozofice, a intrat în arena politică. Cei mai mulţi fizicieni însă au recunoscut pe baza rezultatelor experimentale valabilitatea teoriei relativităţii şi a teoriei maxwelliene ; mecanica newtoniană juca numai rolul unei bune aproximaţii a mecanicii relativiste, corectă pentru acele procese care se desfăşoară cu viteze mici în raport cu viteza luminii. în realitate, mecanica relativistă cade peste mecanica newtoniană în cazul-limită al vitezelor mici.
Dar chiar şi supoziţia că teoria newtoniană ar fi în sens strict „falsă" i-a făcut pe cîţiva cercetători ai naturii să preia în noua fizică, inconştient, o ipoteză fundamentală a secolului al XlX-lea. Deşi tocmai în acea vreme teoria cuantică, care se iniţiase, ameninţa de departe coeziunea internă a fizicii clasice, totuşi refor- mularea teoriei cimpului, în special în teoria generală a relativităţii, a avut ca efect faptul că mulţi fizicieni vedeau ca sarcină a viitoarei fizici descrierea tuturor fenomenelor lumii cu ajutorul unui sistem conceptual unitar. Ei au încercat să interpreteze matematic înseşi caracteristicile atomiste ale naturii ca singularităţi ale soluţiilor ecuaţiilor cîmpului, iar mecanica ondulatorie de Broglie-Schrodinger părea să corespundă la început acestei imagini ideale a unei fizici generale a cîmpului. Conceptele de bază ale teoriei relativiste a cîmpului erau mai abstracte decît acele ale mecanicii newtoniene şi mai greu de realizat intuitiv, ele corespundeau totuşi în general necesităţii noastre de a descrie fenomenele lumii în mod obiectiv şi cauzal, fiind, de aceea, acceptate ca universale.
2. Teoria cuantică a distrus şi această iluzie. In ea aparatul matematic formal nu mai poate reprezenta nemijlocit un proces obiectiv în spaţiu şi timp. Ceea ce constatăm noi. matematic este numai într-o mică măsură un „fapt obiectiv", în cea mai mare parte el reprezintă o perspectivă asupra posibilităţilor. Enunţul de genul „Aici se află un atom de hidrogen în starea de bază44 nu mai conţine o afirmaţie precisă asupra orbitei electronilor, ci conţine afirmaţia : „Dacă se observă orbita electronilor cu un

instrument corespunzător, atunci electronul va fi întîlnit în locul x cu o probabilitate determinată w(x)'\ Conceptele clasice pot fi aplicate cu sens numai dacă de la început se ia în considerare faptul că prin relaţiile de nedeterminare se pun graniţe de netrecut aplicării lor.
Situaţia astfel creată în mecanica cuantică se deosebeşte în două privinţe în mod foarte caracteristic de situaţia din teoria relativităţii. In primul rînd, prin imposibilitatea de a obiectiva simplu starea de lucruri expusă matematic şi, ceea ce se află cu aceasta într-un raport nemijlocit, de a interpreta intuitiv fenomenele cuantice. în al doilea rînd, şi această deosebire este poate şi mai importantă, prin necesitatea care decurge de aici de a folosi mai departe con-ceptele fizicii clasice. Noi putem şi trebuie să folosim pentru descrierea atomului concepte cum ar fi : orbita electronului, densitatea undelor de materie într-un punct spaţial determinat, căldura de disociere, culoarea etc., concepte care, în măsura în care aparţin fizicii clasice, trebuie să descrie fenomene obiective în spaţiu şi timp. Cu ajutorul lor noi descriem rezultatul unei observaţii. Conceptele diferite se află adesea unele faţă de altele într-un raport „complementar", noi însă nu putem să le substituim prin alte concepte intuitive, a căror folosire nu ar fi limitată de relaţiile de nedeterminare sau de complementaritate.
Din aceasta decurge faptul că noi nu mai spunem : „Mecanica newtoniană este falsă şi ea trebuie să fie înlocuită prin mecanica cuantică, corectă". Mai degrabă avem nevoie de următoarea formulare : „Mecanica clasică este o teorie ştiinţifică închisă în sine. Ea este o descriere strict «corectă» a naturii pretutindeni unde conceptele ei pot fi aplicate". Noi atribuim încă astfel şi astăzi mecanicii newtoniene un conţinut de adevăr, chiar o validitate strictă şi generală, numai că indicăm prin adaosul „acolo unde conceptele ei pot fi aplicate" faptul că vom considera domeniul de aplicabilitate al teoriei newtoniene ca fiind limitat. Conceptul de „teorie ştiinţifică închisă" provine, în această formă, pentru prima oară din mecanica cuantică. Noi cunoaştem în fizica contemporană, în esenţă, patru

mari discipline pe care le-am putea considera în acest sens ca teorii închise : pe lîngă mecanica newtoniană, teoria maxwelliană cu teoria specială a relativităţii, apoi termodinamica şi mecanica statistică şi, în fine, mecanica cuantică (nerelativistă) cu fizica
atomică şi chimia. Trebuie în continuare să se discute mai precis ce trăsături posedă o „teorie închisă" şi care ar putea fi conţinutul de adevăr al unei asemenea teorii.
3. Primul criteriu al unei „teorii închise" este noncontradicţia ei internă. Trebuie să fie posibil ca noţiunile care izvorăsc mai întîi din experienţă să fie astfel precizate prin definiţii şi axiome, să fie astfel fixate în relaţiile lor încît să li se poată pune în corespondenţă simboluri matematice între care se naşte un sistem necontradictoriu de ecuaţii. Cel mai renumit exemplu pentru această axiomatizare a conceptelor îl oferă primul capitol din Principia lui Newton. Mulţimea fenomenelor posibile în domeniul corespunzător de experienţă al naturii se reflectă în mulţimea de soluţii posibile a acelui sistem de ecuaţii.
In acelaşi timp, teoria trebuie să „reprezinte" într-o anumită modalitate experienţele ; adică conceptele teoriei trebuie, după cum s-a spus deja, să fie ancorate nemijlocit în experienţă, ele trebuie să „semnifice" ceva în lumea fenomenelor. Problematica acestei exigenţe nu este poate pînă acum suficient analizată. Atîta vreme cît conceptele izvorăsc nemijlocit din experienţă, cum sînt, de exemplu, acele ale vieţii cotidiene, ele rămîn puternic legate de fenomene şi se modifică odată cu acestea ; ele se conformează într-o anumită măsură naturii. Cînd se axiomatizează o teorie, conceptele acesteia devin inflexibile şi se rup de experienţă. Deşi sistemele de concepte precizate axiomatic corespund încă foarte bine unui domeniu de experienţe lărgit, totuşi noi nu mai putem să ştim a priori dintr-un concept fixat prin definiţii şi relaţii cît de mult se va reuşi să se circumscrie natura cu ajutorul lui. De aceea, axio- matizarea conceptelor le limitează în mod decisiv domeniul de aplicabilitate.

Graniţele acestui domeniu, evident, nu pot fi ştiute cu precizie. Numai experienţa care ne
arată că anumite grupuri noi de fenomene nu mai pot fi ordonate cu ajutorul vechilor concepte ne indică faptul că în acest loc am atins aceste limite. Pentru mecanica newtoniană, de exemplu, primele indicii ale prezenţei unei limitări ar putea fi văzute deja în opera lui Fa- raday, care a intuit că noţiunea de „cîmp de forţă" este mai potrivită fenomenelor electromagnetice decît conceptele mecanice. însă la limitele mecanicii newtoniene s-a ajuns efectiv numai odată cu descoperirea teoriei speciale a relativităţii, deci aproape cu un secol mai tîrziu.
Chiar dacă limitele „teoriei închise" sînt depăşite, dacă se constituie un nou sistem conceptual corespunzător unui nou domeniu al experienţei, totuşi sistemul de concepte al teoriei închise formează o parte indispensabilă a lim- bajului în care vorbim despre natură. Teoria închisă aparţine presupoziţiilor cercetării ulterioare ; noi putem exprima rezultatul unui experiment numai prin conceptele unei teorii închise anterioare. S-a încercat de aceea uneori să se considere conceptele unei teorii închise mai vechi ca făcînd parte dintre presupoziţiile a priori ale ştiinţelor exacte şi să li se atribuie într-un grad şi mai mare un caracter absolut. Prin aceasta se descrie, desigur, corect un as-pect al raporturilor. Aici va trebui totuşi să se admită cel puţin o deosebire de grad. Asemenea forme fundamentale ale capacităţii de reprezentare sau gîndire cum ar fi spaţiul, timpul sau legea cauzalităţii, care sînt exersate şi aplicate de secole, trebuie să aibă valabilitate a priori într-un grad mai înalt decît formele de gîndire relativ complicate ale teoriilor închise ale ultimelor secole. Dacă se consideră formele a priori ale intuiţiei „scheme înnăscute", aşa cum a încercat biologul Loretz, atunci este clar că noţiunile unei teorii închise stabilite în ultimele secole nu (sau încă nu) ar mai putea fi a priori.
Ce este, în cele din urmă, conţinutul de adevăr al unei teorii închise ? Am putea rezuma cele spuse pînă acum în următoarele propoziţii:

a) Teoria închisă este valabilă pentru toate timpurile ; în acele domenii în care experienţa va putea fi descrisă cu noţiunile acestei teorii, fie chiar şi în cel mai îndepărtat viitor, legile acestei teorii se vor dovedi mereu corecte.
b) Teoria închisă nu cuprinde nici o afirmaţie complet sigură asupra lumii experienţelor. Măsura în care se pot capta fenomenele cu ajutorul conceptelor ei rămîne într-un sens strict incertă şi reprezintă pur şi simplu o chestiune de succes.
c) In ciuda acestei incertitudini, teoria închisă rămîne o parte a limbajului nostru ştiinţific şi constituie, de aceea, o parte componentă integrantă a oricărei înţelegeri de către noi a lumii.
Să ne întoarcem după aceste discuţii încă o dată la procesele istorice care au generat întreaga fizică modernă prin modificarea imaginii realităţii la sfîrşitul evului mediu. Această evoluţie ne apare ca o consecinţă a structurilor intelectuale, a „teoriilor închise", care se formează din formulări individuale de probleme asupra experienţei ca dintr-un germene de cristal şi care în final, atunci cînd întregul cristal a apărut, se separă din nou de experienţă ca o construcţie pur ideală ; el va ilumina însă pentru noi lumea întotdeauna. în această măsură, istoria evoluţiei fizicii apare, în ciuda tuturor diferenţelor, asemănătoare cu istoria altor domenii ale activităţii spirituale, cum ar fi istoria artei ; căci şi în alte domenii nu este vorba în cele din urmă despre alt obiectiv decît de a ilumina prin structuri intelectuale lumea, fie ea lumea noastră internă.

DISCURS LA A 100-A ANIVERSARE A GIMNAZIULUI MAX DIN MUNCHEN

13.7.1949

Doamnelor şi domnilor !
Sărbătoarea de azi are loc cu prilejul existenţei de 100 de ani a unei şcoli. Un întreg secol de muncă şi grijă din partea unor oameni harnici s-a scurs în această şcoală. Mulţi şi-au petrecut ca profesori întreaga viaţă activă în slujba Gimnaziului Max ; alţii, cum a fost cazul meu, au întîlnit aici ca elevi pentru întîia oară lumea intelectuală şi au învăţat cu interes sau uneori fără prea mare interes,

totuşi adesea cu sîrguinţă şi osteneală lucrurile pe care o generaţie le-a transmis alteia într-un gimnaziu umanist. Astfel, sintem înclinaţi să analizăm în această zi dacă toată această muncă şi îngrijire, efortul profesorilor şi al elevilor au fost într-adevăr cu folos. Evident, aceasta este acum o falsă întrebare, întrucît munca, efortul şi grija sînt în mod fundamental întotdeauna folositoare ; dar s-a vorbit adesea dacă nu cumva noi înclinăm prea mult spre «un gimnaziu în care se predă o cunoaştere prea teoretică şi străină de viaţă şi dacă în epoca noastră, determinată de ştiinţă şi tehnică, o formaţie mai practică nu ar fi susceptibilă de a ne pregăti pentru viaţă într-un mod mai adecvat. Prin aceasta se ridică problema, adesea formulată, cu privire la relaţia dintre cultura umanistă şi ştiinţele actuale ale naturii. Nu pot însă să tratez această problemă în faţa dumneavoastră în mod temeinic ; eu nu sînt pedagog şi nu am meditat prea mult asupra unor asemenea probleme. Dar aş putea incerca să-mi reamintesc propria mea experienţă ; căci eu însumi am intrat în şcoală în acest gimnaziu, iar apoi mi-am dedicat cea mai mare parte a muncii mele ştiinţelor naturii ; şi o aniversare a 100 de ani este şi o sărbătoare a amintirilor acelora care au învăţat împreună aici.

Care sînt temeiurile pe care se sprijină adepţii gîndirii umaniste, care insistă mereu în favoarea preocupării pentru limbile clasice şi pentru istoria antică ? Mai întîi se indică, pe bună dreptate, faptul că întreaga noastră viaţă culturală, acţiunea, gîndirea şi simţirea noastră se înrădăcinează în substanţa spirituală a Occidentului, aşadar, în acel spirit care a luat naştere în antichitate, care a generat, la început, arta greacă, poezia greacă şi filozofia greacă, care a cunoscut apoi, în creştinism, odată cu naşterea bisericii, marea sa evoluţie şi care în cele din urmă, la sfîrşitul evului mediu, a conceput lumea — într-o grandioasă sinteză a credinţei creştine cu libertatea de gîndire antică — ca o lume divină şi a transformat-o în întregime prin expediţiile de descoperire, prin ştiinţele naturii şi tehnică. Ca urmare, atunci cînd vom merge în profun-zimea lucrurilor, sistematic, istoric sau filozofic, în

oricare domeniu al vieţii moderne ne vom în- tîlni mereu cu acele structuri spirituale care au luat naştere în antichitate şi în creştinism. De aceea se poate spune în favoarea gimnaziului umanist că este bine să se cunoască aceste structuri, chiar dacă în multe privinţe pentru viaţa practică această cunoaştere nu pare indispen-sabilă.

Partizanii culturii umaniste afirmă, în al doilea rînd, că întreaga forţă a culturii noastre occidentale a izvorît şi s-a alimentat continuu din legătura directă dintre maniera în care se pun în principiu problemele şi acţiunea practică. In ceea ce priveşte acţiunea practică, şi alte popoare ori civilizaţii aveau tot atîta experienţă ca şi grecii. Ceea ce a deosebit însă din primul moment gîndirea greacă de gîndirea altor popoare a fost capacitatea de a ridica o problemă formulată la nivelul principiului şi, ea urmare, de a ajunge la puncte de vedere susceptibile de a ordona varietatea pestriţă a experienţei pentru a o face accesibilă gîndirii umane. Această sinteză dintre punerea problemelor pe baza principiilor şi acţiunea practică a distins Grecia antică de toate celelalte ţări. Această unitate a mai reprezentat încă o dată pivotul istoriei noastre, în momentul de relansare a Occidentului în epoca Renaşterii, şi, după cum ştiţi, ea a generat ştiinţele moderne ale naturii şi tehnica. Dacă cercetăm filozofia greacă, vom întîlni la tot pasul această atitudine, punerea problemelor la nivelul principiilor. Cel care studiază gîndirea grecilor are astfel prilejul de a exersa instrumentul intelectual cel mai puternic care a stat la temelia gîndirii occidentale. In această măsură s-ar putea spune, de aceea, că şi în învăţă-mîntul umanist se învaţă un lucru extrem de folositor.

In fine, în al treilea rînd, se spune pe drept că frecventarea anticilor ne furnizează o scară de valori în care valorile spirituale primează asupra celor materiale. Căci tocmai la greci este nemijlocit evidentă supremaţia spiritului în toate vestigiile pe care ni le-a lăsat cultura lor. Desigur, tocmai acesta este un punct la care oamenii de azi ar putea obiecta ; timpul nostru ne arată că forţa materială, materiile prime şi industria sînt determinante, că forţa materială este mai puternică decît cea spirituală. Nu ar

corespunde deloc timpului nostru tentativa de a le inocula copiilor supraestimarea valorilor spirituale. Aceasta îmi aminteşte însă de o discuţie pe care am purtat-o în urmă cu aproximativ 30 de ani într-una din sălile acestei clădiri. Munchenul era pe atunci teatrul luptelor revoluţionare, centrul oraşului era încă ocupat de comunişti, iar eu am fost afectat împreună cu alţi colegi de vîrsta mea — aveam pe atunci 17 ani — personalului auxiliar al unui grup militar care-şi avea cartierul în seminarul preoţesc din faţa universităţii. Cauza acestei discuţii nu-mi mai este perfect clară. Fără îndoială, aceste săptămîni de joacă de-a soldaţii ne sus- trăgeau în mod plăcut de la studiile noastre din cadrul Gimnaziului Maximilian. Pe Ludwig- strasse se trăgeau uneori focuri de armă, deşi nu prea violent. In fiecare zi, la amiază, ne duceam să ,ne luăm raţiile de alimente de la bucătăria de campanie din curtea universităţii. Aşa s-a întîmplat că într-o zi am avut cu un student în teologie o convorbire a cărei temă era faptul dacă această luptă pentru Miinchen avea vreun sens oarecare. Unul dintre noi, cei tineri, a afirmat cu energie că nu se poate decide nici o problemă de putere cu mijloace spirituale, prin discursuri şi proclamaţii; adevărata decizie între noi şi ceilalţi se poate realiza numai prin forţă. Atunci seminaristul a replicat că însăşi problema cine deosebeşte pe „noi" de „ceilalţi" duce evident la o soluţie pur spirituală şi că probabil s-ar cîştiga deja foarte mult dacă o asemenea hotărîre ar fi luată într-un mod mai raţional decît se întâmplă de obicei. N-am mai putut obiecta nimic. Odată ce săgeata a părăsit coarda arcului, ea îşi urmează direcţia şi numai o forţă şi mai puternică ar putea-o devia : direcţia ei iniţială este însă determinată numai de acela care ocheşte astfel încît fără o fiinţă dotată cu raţiune şi capabilă să ochească ea n-ar putea să zboare absolut deloc. De aceea nu este poate prea rău ca tineretul să fie învăţat să respecte va1 orile spirituale.

M-am îndepărtat însă prea mult de tema mea şi va trebui să mă întorc la acel loc în care în cadrul Gimnaziului Max m-a întîmpinat pentru prima dată în mod real ştiinţa naturii ; căci eu doresc să vorbesc despre relaţia ştiinţelor naturii

cu educaţia umanistă. Cei mai mulţi dintre tinerii de vîrstă şcolară fac primii paşi în domeniul tehnicii şi apoi în acela al ştiinţelor naturii jucîndu-se cu aparate simple. Exemplul colegilor, anumite cadouri de Crăciun şi, bineînţeles, lecţiile şcolare suscită dorinţa de a pune în funcţiune maşinile şi apoi, acasă, de a le construi. Acest lucru l-am făcut şi eu cu mult zel în primii cinci ani de şcoală. Dar toate acestea nu ar fi rămas decît un joc şi nu m-ar fi îndemnat să mă îndrept spre adevărata ştiinţă a naturii dacă nu s-ar fi produs un alt eveniment. In şcoală învăţam pe atunci principiile elementare ale geometriei. Aceasta mi s-a părut la început o materie foarte aridă ; triunghiurile şi dreptunghiurile stîrnesc fantezia mai puţin decît florile sau poemele. Insă dintr-o dată, din cuvintele excelentului nostru profesor de mate-matică, d-l Wolff, mi-a venit ideea că asupra acestor forme se pot formula propoziţii general-valabile, că în figurile geometrice am putea nu numai să citim şi să recunoaştem anumite rezultate, ci să le şi demonstrăm matematic. Ideea că matematica corespunde într-o oarecare modalitate structurilor experienţei noastre am perceput-o ca extraordinar de ciudată şi tulburătoare, şi cu aceasta mi s-a întîmplat ceea ce se petrece în puţine cazuri cu bagajul de idei pe care ni-l ofereau lecţiile : de obicei la lecţiile din şcoală ne trec prin faţa ochilor diferite imagini ale lumii spirituale fără ca acestea să ne devină cu adevărat familiare. Acestea sînt impregnate cu o lumină mai puternică sau mai slabă, după capacităţile profesorului, astfel că memoria le reţine cîteodată un anumit interval de timp. în unele cazuri rare, un obiect care a intrat în cîmpul percepţiei poate chiar luci în propria lui lumină. La început numai neclar, în inconştient, apoi din ce în ce mai puternic, apărînd la nivelul conştiinţei, înainte de a invada progresiv gîndirea şi de a se comunica şi altor obiecte, pentru a ajunge să ocupe, în sfîrşit, un loc important în viaţa subiectului gînditor.
Aşa mi s-a întîmplat mie atunci eu cunoştinţa că matematica corespunde lucrurilor experienţei noastre, o cunoştinţă care, aşa cum am aflat la şcoală, a fost obţinută deja de greci, de Pita- gora şi Euclid. Am încercat eu

însumi, la în-ceput provocat de orele domnului Wolff, aplicarea matematicii şi am trăit sentimentul că acest joc între matematică şi intuiţia nemijlocită este cel puţin la fel de amuzant ca majoritatea celorlalte jocuri. Mai tîrziu nu mi-a mai fost suficient cîmpul geometriei pentru jocul matematic, care-mi producea atîta bucurie. Am aflat dintr-o carte că în fizică s-ar putea urmări comportarea aparatelor mele meşterite cu ajutorul matematicii şi am înoeput atunci, cu volumele din colecţia „Goschen" şi cu alte manuale întrucîtva primitive, să învăţ matematica necesară pentru descrierea legilor fizice, înainte de toate calculul diferenţial şi integral. Cuceririle epocii moderne, ale lui Newton şi ale urmaşilor săi, mi-au apărut ca o continuare imediată a ceea ce matematicienii şi filozofii greci încercaseră să realizeze de fapt ca unul şi acelaşi lucru, şi nu mi-ar fi trecut prin minte că ştiinţele naturii şi tehnica zilelor noastre ar fi o lume fundamental diferită de aceea care apărea filozofiei lui Pitagora sau Euclid. De fapt, bucuria mea produsă de descrierea matematică a naturii m-a condus fără să-mi dau seama, în toată neştiinţa mea şcolărească, la una dintre trăsăturile de bază ale gîndirii occidentale în general, şi anume la legătura sus-amintită a formulării în principiu a problemelor cu acţiunea practică. Matematica reprezintă, pentru a spune astfel, limba în care se pune şi se pot rezolva principial întrebările, dar întrebarea însăşi se referă la un proces din lumea materială practică ; geometria, de exemplu, a servit măsurării pămîntului. După acest eveniment, interesul meu a rămas mai mulţi ani de şcoală captat mal mult de matematică decît de ştiinţele naturii sau de aparatele mele, şi numai în cele două clase superioare raportul s-a modificat din nou în favoarea fizicii, în mod ciudat, printr-o în- tîlnire oarecum întîmplătoare cu un aspect al fizicii moderne.

Foloseam pe atunci un manual de fizică, foarte bun în anumite privinţe, dar în care — se înţelege — conceptele celei mai noi fizici erau expuse încă cu o anumită sărăcie. Totuşi se găseau în ultimele pagini şi cîteva lucruri despre atomi ; am păstrat amintirea foarte vie a unei ilustraţii în

care se vedeau un număr foarte mare de atomi ; aceasta trebuia probabil să arate starea unui gaz la scara constituţiei lui corpuscu- lare. Unii atomi erau strînşi împreună în gru-puri, fixaţi prin copci şi capse care, probabil, trebuiau să reprezinte legăturile chimice. In afară de aceasta, în texte se spunea că atomii reprezentau, după părerea gînditorilor greci, cele mai mici particule, indivizibile, ale materiei. Această imagine mi-a provocat o reacţie violentă ; eram indignat văzînd etalate într-un manual de fizică asemenea prostii. Căci, îmi spuneam, dacă atomii ar fi corpuri accesibile unei percepţii atît de grosolane, cum voia să ne facă să credem cartea, dacă ei ar avea o formă atît de complicată încît ar poseda chiar copci şi capse, atunci ar fi imposibil ca ei să reprezinte cele mai mici elemente componente ale materiei. In această atitudine am fost susţinut de un tînăr în compania căruia, în cadrul unei mişcări de tineret, făcusem numeroase drumeţii şi care se interesa de filozofie într-un grad mult mai mare decît mine. Acest coleg, care citise mai multe studii asupra atomismului filozofilor antici, s-^a întîlnit, de asemenea, cu un manual de fizică atomică modernă (cred că era cartea lui Sommerfeld despre Structura atomului şi liniile spectrale) şi văzuse acolo atomi foarte intuitiv reproduşi. De aici ajunsese la convingerea fermă că întreaga fizică atomică modernă trebuie să fie falsă şi încerca să mă convingă de aceasta. Judecăţile noastre erau pe atunci mult mai rapide şi mai categorice decît astăzi ! I-am dat dreptate prietenului meu că imaginile in-tuitive ale atomilor trebuiau să fie în mod necesar false, dar în ceea ce mă priveşte m-am reţinut la a căuta greşeala doar în eroarea desenatorului. Mi-a rămas însă dorinţa să cunosc mai îndeaproape fundamentele veritabile ale fi-zicii atomice, şi pentru aceasta mi-a venit în ajutor un alt eveniment întîmplător. în această perioadă începusem lectura unui dialog platonic. Dar lecţiile se ţineau neregulat. V-am spus deja că am servit, în timpul luptelor revoluţionare, unei trupe care staţiona vizavi de universitate, în seminarul preoţesc. Acolo nu aveam o muncă prea intensivă ; era mult mai mare pericolul unei

vagabondări decît acela al surmenării din pricina efortului. între altele, şi noaptea trebuia să stăm la dispoziţie, astfel încît zilele se scurgeau destul de agreabil, fiind liberi de orice control din partea părinţilor sau a profesorilor. Vara lui 1919 a fost foarte caldă. în primele ore ale dimineţii îndeosebi nu eram obligaţi practic să facem nici un fel de serviciu. Mi se întîmpla atunci să mă refugiez adesea, încă de la răsăritul soarelui, pe acoperişul seminarului, să mă lungesc în tovărăşia unei cărţi şi să mă încălzesc la soare sau să mă aşez pe marginea acoperişului să privesc cum se trezeşte viaţa pe Ludwigstrasse. O dată mi-a venit ideea să iau cu mine pe acoperiş o carte de Platon, poate cu gîndul la reluarea muncii în strada Morawitzky, care ne ameninţa mai tîrziu, iar dorinţa de a citi şi altceva decît ceea ce ni se impunea în colegiu m-a făcut să dau — cu cunoştinţele mele de greacă relativ modeste — peste dialogul Ti- maios; pentru prima oară am ajuns prin acesta la sursele veritabile ale filozofiei atomiste greceşti. Această lectură mi-a iluminat în mod considerabil ideile fundamentale ale teoriei atomiste. Credeam că am înţeles, cel puţin parţial, cauzele care i-au incitat pe gînditorii greci să se gîndească la cele mai mici elemente indivizibile ale materiei. Teza pe care o apără Platon în Ti- maios, că atomii ar fi corpuri regulate, nu-mi părea de o claritate deosebită, dar eram cel puţin mulţumit să constat că aceste corpuri nu mai posedau copci şi capse. De atunci s-a născut convingerea mea că e imposibil să te ocupi de fizica atomică fără să cunoşti filozofia greacă a naturii. Socoteam că desenatorul acelei imagini a atomului ar fi fost bine inspirat dacă l-ar fi citit mai înainte pe Platon. El ar fi trebuit să meargă la şcoală la Max-Gymnasium !

Astfel m-am familiarizat din nou, fără a şti exact cum, cu una dintre marile idei ale filozofiei greceşti a naturii, care aruncă o punte între antichitate şi epoca modernă şi care şi-a manifestat .marea ei forţă numai după Renaştere. Această direcţie a filozofiei greceşti, teoria ato- mistă a lui Leucip şi Democrit, se numeşte adesea materialism. Aceasta este o denumire istoric corectă, dar ea poate produce astăzi confuzii, deoarece cuvîntul „materialism" a

căpătat în secolul al XlX-lea o semnificaţie unilaterală, care nu mai corespundea deloc evoluţiei filozofiei naturii a grecilor antici. Putem evita această falsă interpretare a vechii teorii atomiste dacă ne amintim că primul cercetător al epocii moderne care a reluat teoria atomistă în secolul al XVII-lea a fost teologul şi filozoful Gassendi, care nu voia, desigur, să combată prin această idee doctrina bisericii. Să ne amintim, de asemenea, că pentru Democrit atomii erau literele cu care sînt schiţate evenimentele naturii, nu însă conţinutul lor. Din contra, materialismul secolului al XlX-lea s-a dezvoltat din idei de un alt gen, caracteristice pentru epoca modernă şi care îşi află rădăcinile în scindarea lumii, produsă după Cartesius, într-o realitate materială şi una spirituală.
Marele curent al ştiinţelor naturii şi al tehnicii, care traversează timpul nostru, izvorăşte astfel din două surse, care aparţin domeniului filozofiei antice. Chiar dacă de atunci el a primit numeroşi alţi afluenţi care l-au transformat într-o masă de apă fertilă, totuşi originea primară se poate depista mereu suficient de clar. In acest sens, cercetătorul atomist îşi poate afla o sursă utilă de inspiraţie în educaţia umanistă. Este adevărat că cei care sînt în favoarea unei educaţii mult mai practice a tineretului, care să-l pregătească pentru lupta vieţii, ar putea mereu să obiecteze că totuşi cunoaşterea acelor fundamente spirituale nu ar avea o prea mare însemnătate pentru viaţa practică. Pentru ca aceştia să reuşească în viaţă e necesar, spun ei, să-şi însuşească mai întîi îndemînările practice ale vieţii moderne : limbile moderne, metodele tehnice, iscusinţa în acţiune şi judecată. Cît priveşte cultura umanistă, aceasta ar reprezenta o podoabă, un lux, pe care numai puţini oameni şi-l pot permite, aceia al căror destin le-a uşurat mult mai mult decît altora lupta pentru existenţă.
Aceasta ar putea fi adevărat pentru toţi acei oameni care şi-ar propune să-şi consacre viaţa unei activităţi exclusiv practice şi care nu ar dori să contribuie personal la configuraţia spirituală a epocii noastre. Cel care nu se va mulţumi însă cu aceasta şi va dori să meargă la rădăcina

lucrurilor în oricare domeniu de specialitate, fie el din tehnică, fie din medicină, acela va întîlni mai devreme sau mai tîrziu aceste surse antice şi va putea fi mult avantajat în propria sa muncă cjacă va fi învăţat de la greci gîndirea principială, formularea principială a problemelor. Cred că se poate recunoaşte clar, de exemplu, în opera lui Max Planck, care a fost şi el elev al gimnaziului nostru, că gîndirea sa a fost influenţată şi fertilizată de şcoala umanistă. Aş putea relata aici o experienţă proprie, care s-a produs la trei ani după terminarea şcolii. Pe atunci eram student la Gottingen şi discutam cu un coleg asupra problemei intuiti- 'bilităţii atomului, care mă neliniştise încă în vremea şcolii şi care se profila ca o enigmă nerezolvată în spatele fenomenelor spectroscopice de atunci, încă neinterpretate. Acest prieten apăra imaginile intuitive şi credea că va trebui construit cu ajutorul tehnicii moderne un microscop cu o capacitate de mărire foarte mare, de exemplu unul care să lucreze cu raze gama, în locul celor obişnuite, care lucrează cu lumina obişnuită. Un asemenea aparat — spunea el — ar permite, în cele din urmă, să se perceapă direct forma atomilor, iar prin aceasta reticenţele mele cu privire la imaginile intuitive ar fi în mod decisiv distruse. Această obiecţie m-a. tulburat profund. Mă temeam că prin acest mi-croscop imaginat s-ar putea zări din nou copcile şi capsele din manualul meu de fizică ; aceasta, m-a obligat să reflectez asupra contradicţiei, aparente a acestui experiment ideal, luînd ca, bază ideile fundamentale ale filozofiei greceşti.. In această situaţie, modul de gîndire principial pe care-l primisem din şcoală m-a ajutat extraordinar de mult, în orice caz m-a determinat să nu fiu de acord cu soluţii aparente sau pe jumătate ; între altele, tocmai cunoaşterea pe care o aveam despre filozofia naturii antice, pe care mi-o însuşeam atunci, mi-a fost de un mare folos.

Atunci cînd se vorbeşte în zilele noastre despre valoarea culturii umaniste, nu se mai poate pretinde absolut deloc că relaţia fizicii atomica cu filozofia naturii ar fi un caz singular şi că în ştiinţele naturii, tehnică sau medicină nu venim în contact cu asemenea probleme principiale.

Aceasta ar fi fals deja pentru simplul motiv că multe discipline ştiinţifice sînt astăzi strîns legate în fundamentele lor cu fizica atomică, astfel încît, ca şi aceasta, ele conduc la probleme principiale de acelaşi gen. Edificiul chimiei are ca fundament fizica atomică ; astronomia modernă este şi ea strîns legată de aceasta, fără fizica atomică ea nefiind susceptibilă de a progresa ; şi chiar de la biologie s-au aruncat punţi spre fizica atomică. In cursul ultimelor decenii, corelaţiile dintre diferitele ştiinţe au devenit mult mai evidente decît înainte. în multe locuri se recunosc semnele originii comune, iar originea comună se află, în cele din urmă, în gîndirea antică.
Cu această constatare m-am întors aproape din nou la punctul de plecare al conferinţei mele. La originea culturii occidentale se află această strînsă legătură instituită de greci între punerea principială a problemelor şi acţiunea practică. Tocmai pe această relaţie se întemeiază şi astăzi întreaga forţă a civilizaţiei noastre. Aproape toate progresele duc şi astăzi aici, şi în acest sens o încredere în cultura umanistă reprezintă o încredere în Occident şi în puterea sa de creaţie culturală.
Dar poate oare o şcoală cum este gimnaziul umanist să răspundă la sarcina pe care o punem noi astăzi, şi anume aceea ca prin studiul limbilor clasice şi istoriei vechi să se trezească simţul pentru această legătură infinit de grea a formulării principiale a problemelor cu acţiunea practică energică ? Ne poate oare face ea vie această legătură ? Cît rămîne în general din ceea ce noi învăţăm în şcoală ? Nu este oare acest rezultat disperant de puţin în raport cu munca şi silinţa pe care le întrebuinţăm, şi nu ar fi oare de aceea preferabilă o educare mai rapidă a deprinderilor practice ? Să fim astfel cinstiţi şi să căutăm ce imagini ne rămîn în amintire din vremea şcolarităţii noastre. Poate cîteva descrieri de bătălii din De Bello Gallico(de Cezar, care ne-au pus în mişcare fantezia, sau drumul obositor al lui i Xenophon prin Asia Mică. Apoi cîteva imagini din istoria evului mediu ; unul dintre cei mai buni profesori, d-l Paur, a înţeles să umple eu viaţă anii încoronărilor,

victoriilor şi înfrîngeri- lor prin aceea că ne înfăţişa o imagine a vieţii
102 1
din aceste state în care se desfăşurau evenimentele : cum trăiau şi se îmbrăcau oamenii, ce mîncau, cum gîndeau. După aceea, cîteva pasaje din tragedia greacă, tragedie care, din păcate, este atît de greu de tradus, şi, natural, povestirile despre Ulysse şi despre eroii greci. Şi primele demonstraţii geometrice mi-au lăsat o mare impresie. Dar cîteva cunoştinţe reale ne-au rămas numai din acele domenii în care profesiunea noastră ulterioară ne-a obligat să învăţăm mai departe. Un profit modest, s-ar putea crede. Dar ce este cultura umanistă, ce este cultura în general ? Se ştie : cultura este ceea ce rămîne cînd am uitat tot ceea ce am învăţat. Ea este, dacă doriţi, strălucirea care ne rămîne în amintire din acei ani de şcoală şi care acţionează mai departe în viaţa noastră. Nu numai strălucirea tinereţii, care aparţine, natural, acestui timp, ci strălucirea care provine din contactul cu lucrurile esenţiale ; atmosfera pe care o întîlnim în relatările despre poeţii greci sau împăraţii ro-mani, statuile lui Fidias din cartea de istorie, muzica din orchestra şcolii, care ne-a făcut să-l trăim pe Haydn şi Mozart, poezia lui Schiller, pe care cel mai silitor elev din clasă avea dreptul s-o spună de la catedră. Natural, învăţămîntul este adesea, şi aceasta trebuie s-o acceptăm cu toţii, sec şi plictisitor ; profesorii nu sînt fiinţe ideale, iar elevii, departe de a fi îngeri. Dar timpul şcolii este un întreg, şi tot ceea ce facem atunci este oarecum determinat de lumea spirituală a învăţămîntului. Nu trebuie să ne gîndim numai la orele de studiu, la profesorul nostru şi la clădirea monumentală din Schwabing atunci cînd vorbim despre influenţa gimnaziului umanist. Această influenţă este mult mai largă. Cînd ieşeam, în vremea mişcării tineretului, cu prietenii la Ostersee şi citeam în cort Hyperion-ul lui Holderlin, cînd jucam Hermannschlacht de von Kleist pe un vîrf din Fichtelgebirge, cînd la un foc de tabără noaptea cîntam Chaconna lui Bach sau un menuet de Mozart, întotdeauna eram foarte aproape de acel aer spiritual al Occidentului,

în care ne-au introdus anii de şcoală şi care ne-a devenit un element vital.
O încredere în gimnaziul umanist este, aşadar, o încredere în Occident, în gîndirea sa, în credinţa sa şi în istoria sa. Dar mai putem avea oare vreun drept să afirmăm aceasta după atît de îngrozitoarele pierderi de putere şi prestigiu suferite de lumea occidentală în ultimele decenii ? La această întrebare trebuie să se spună că nu este vorba despre ce avem noi dreptul sau aşa ceva, ci despre ce anume voim. întreaga activitate a Occidentului nu se trage numai dintr-o singură perspectivă teoretică, pe baza căreia strămoşii se considerau îndreptăţiţi suficient să acţioneze ; lucrurile au fost cu totul altfel : la început a stat şi stă în asemenea cazuri întotdeauna credinţa. Nu vorbesc de credinţa creştină într-o ordine inteligibilă a lumii dată de dumnezeu, ci, mai simplu, de credinţa pe care trebuie s-o avem în sarcina noastră pe această lume. Bineînţeles, a crede nu înseamnă aici a considera ceva anumit ca adevărat, a. crede înseamnă întotdeauna : mă hotărăsc pentru aceasta, îmi întemeiez existenţa pe aceasta. Atunci cînd Columb a întreprins prima sa călătorie în Vest, el credea că Pămîntul este rotund şi suficient de mic pentru a fi înconjurat. Acestea le considera el nu numai teoretic cr. adevărate, ci pe ele şi-a întemeiat existenţa sa. In Istoria Europei, după cum a expus-o de cu- rînd Freyer şi în care el vorbeşte despre aceste lucruri, este aplicată, pe bună dreptate, vechea formulă : ,,credo ut intellegam" — „cred pentru a înţelege" ; Freyer, extinzînd-o la marile expediţii de descoperiri, a întregit-o cu un element intermediar : „credo ut agam, ago ut intellegam" — „cred pentru a acţiona, acţionez pentru a înţelege". Această forniulă se potriveşte nu numai acestor prime navigaţii în jurul Pămîntului, ci şi întregii ştiinţe a Occidentului, întregii misiuni a Occidentului. Ea cuprinde simultan cultura umanistă şi ştiinţele naturii ; iar în acest punct nu vrem să fim prea modeşti : o jumătate a lumii de azi, Vestul, a cucerit o putere incomparabilă, transpunînd în viaţă, într-un mod necunoscut pînă acum, o idee a gîndirii apusene, stăpînirea şi folosirea forţelor naturii prin ştiinţă ; cealaltă

jumătate a lumii, Estul, îşi trage şi ea coeziunea din încrederea în tezele ştiinţifice ale unui filozof şi economist european. Nimeni nu ştie ce ne va rezerva viitorul, ce puteri spirituale vor conduce lumea, dar va trebui să începem numai prin a crede în ceva şi a voi ceva.
Noi voim ca aici să înflorească din nou viaţa spirituală, ca aici, în Europa, să se nască în continuare ideile care determină faţa lumii. Ne întemeiem existenţa pe speranţa că, într-o măsură egală cu aceea în care noi reflectăm asupra ori-ginilor noastre şi găsim din nou drumul spre o conlucrare armonioasă a forţelor continentului nostru, şi condiţiile externe ale vieţii europene vor fi mai fericite decît cele din ultimii 50 de ani. Vrem ca tineretul nostru, în ciuda întregului haos exterior, să se maturizeze în atmosfera spirituală a Occidentului, pentru a ajunge la izvoarele de forţă din care continentul nostru a trăit vreme de peste două milenii. Cum se va petrece aceasta în particular ne preocupă numai în al doilea rînd. Dacă ne declarăm pentru un gimnaziu umanist sau pentru o altă formă de şcoală, aceasta nu are o importanţă hotărîtoare.
IMAGINEA NATURII IN FIZICA CONTEMPORANA *
Problemele artei moderne, discutate cu atîta pasiune în timpul nostru, ne obligă la o regîn- dire a fundamentelor admise ca de la sine înţelese, care reprezintă presupoziţiile oricărei dezvoltări a artei. In această privinţă a fost formulată şi întrebarea dacă nu cumva atitudinea omului modern faţă de natură se deosebeşte atît de fundamental de vremurile anterioare încît prin aceasta s-ar crea un punct de plecare complet diferit pentru artă. Atitudinea omului faţă de natură nu-şi găseşte în timpul nostru expresia, ca în secolele trecute, într-o filozofie a naturii, ci ea este esenţial determinată de ştiinţele moderne ale naturii şi de tehnică. De aceea este evidentă necesitatea de a ne îndrepta atenţia asupra imaginii naturii din ştiinţa actuală, în special din fizica modernă. Desigur, chiar la început trebuie introdusă o rezervă : nu există nici un motiv pentru a crede că imaginea despre lume a ştiinţelor actuale ar fi influenţat sau ar putea influenţa nemijlocit evoluţia artei moderne ; s-ar putea însă admite că

modificările din fundamentele ştiinţelor moderne ale naturii reprezintă un indiciu al modificărilor profunde în fundamentele existenţei noastre care vor influenţa cu siguranţă, la rîndul lor, toate celelalte domenii ale vieţii. Din acest punct de vedere s-ar putea să fie important şi pentru artist să se întrebe ce modificări s-au produs în ultimele decenii în imaginea despre natură a ştiinţelor naturii.

Să începem aruncînd o privire retrospectivă asupra rădăcinilor istorice ale ştiinţelor moderne ale naturii. Atunci cînd, în secolul al XVII-lea, această ştiinţă a fost întemeiată de Kepler, Galilei şi Newton, mai persista încă acea imagine a naturii din evul mediu care vedea în natură, înainte de toate, creaţia lui Dumnezeu. Natura era considerată drept opera lui Dumnezeu ; oamenilor din acel timp li s-ar fi părut fără sens să se întrebe asupra unei lumi materiale independente de Dumnezeu. Ca un document al acelui timp aş dori să citez cuvintele cu care Kepler şi-a încheiat ultimul volum al Armoniei cosmice : „îţi mulţumesc, Dumnezeule, creatorul nostru, că mi-ai îngăduit să văd frumuseţea în opera creaţiei tale şi să mă bucur de lucrarea mîinilor tale. Iată, am încheiat opera către care m-am simţit chemat; am pus în valoare talentul pe care tu mi l-ai dăruit; am făcut cunoscută măreţia operelor tale oamenilor care-i vor citi mărturiile aşk cum spiritul meu mărginit a putut să le înţeleagă".

Dar deja în decursul cîtorva decenii atitudinea omului faţă de natură s-a modificat esenţial. Pe măsură ce savantul pătrundea în amănuntele proceselor naturii, el înţelegea, aşa cum începuse Galilei s-o facă, că fenomenele individuale ale naturii puteau într-adevăr să fie desprinse din ansamblu, descrise matematic şi, prin aceasta, „explicate". în acest fel, el recunoştea în acelaşi timp şi imensa sarcină care se punea ştiinţelor naturii aflate în procesul constituirii. Pentru Newton deja, lumea nu mai reprezenta opera lui Dumnezeu, care ar putea fi înţeleasă numai în totalitatea ei. Atitudinea lui faţă de natură este cel mai clar exprimată prin celebrele sale cuvinte : „Aveam impresia că eram un copil care se juca pe malul mării şi era fericit

atunci cînd găsea o pietricică rotundă, mai netedă şi mai lucioasă, o scoică mai frumoasă decît celelalte, în timp ce marele ocean al adevărului se întindea necercetat în faţa lui". S-ar putea explica această modificare în atitudinea savantului faţă de natură prin aceea că în dezvoltarea gîndirii creştine din acea perioadă Dumnezeu părea aruncat în cer, atît de sus şi atît de departe de Pămînt, încît considerarea Pămîntului independent de Dumnezeu căpăta şi ea un sens. Astfel am putea cu drept să vorbim în ceea ce priveşte ştiinţele moderne ale naturii — aşa cum spune Kamlah — de o formă specific creştină de impietate şi prin aceasta să înţelegem de ce nici o evoluţie asemănătoare nu s-a produs în alte culturi. Din această cauză poate nu este o întîmplare că tocmai în acea vreme natura devine obiect al reprezentării artistice, independent de temele religioase. A considera natura nu numai independentă de Dumnezeu, ci şi independentă de oameni, aceasta corespunde tocmai tendinţei ştiinţelor naturii, întrucît astfel se poate forma idealul unei descrieri sau explicaţii „obiective" a naturii. Trebuie subliniat totuşi că şi pentru Newton scoica avea importanţă întrucît provenea din marele ocean al adevărului ; cercetarea scoicii nu este însă un scop în sine ; a te consacra studiului ei nu capătă sens decît prin coerenţa ansamblului.

In anii care au urmat, metoda mecanică a lui Newton s-a aplicat cu succes la domenii din ce în ce mai extinse ale naturii. S-a încercat, cu ajutorul experimentelor, să se izoleze anumite aspecte din procesele naturale, să se cerceteze obiectiv şi să se înţeleagă legitatea lor ; s-a tins spre formularea matematică a corelaţiilor, ceea ce a permis să se ajungă la „legi" cu valabilitate nelimitată pentru întregul cosmos ; în cele din urmă a devenit posibil să se folosească forţele naturii în cadrul tehnicii zilelor noastre. Dezvoltarea grandioasă a mecanicii secolului al XVIII-lea, a opticii, a tehnicii şi teoriei calorice la începutul secolului al XlX-lea prezintă o mărturie a puterii acestui început.

In măsura în care acest tip de ştiinţă a naturii era încununat de succes, el se extindea dincolo de experienţa

obişnuită, pînă la acele domenii depărtate ale naturii, devenite accesibile numai printr-o tehnică ce se dezvolta concomitent cu ştiinţele naturii. Newton făcuse pasul decisiv al cunoaşterii înţelegînd că legile mecanicii, care dominau căderea unei pietre, determinau şi mişcarea Lunii în jurul Pămîntului, că ele puteau fi aplicate astfel la dimensiuni cosmice. In epocile următoare ştiinţa şi-a început marşul triumfal pe un front larg în acele domenii depărtate ale naturii despre care putem obţine informaţii numai cu ajutorul tehnicii, adică al unor aparate mai mult sau mai puţin complicate. Telescoape perfecţionate permiteau astronomiei să pună stăpînire pe spaţii cosmice din ce în ce mai vaste ; chimia încerca, prin observarea comportării materiei în reacţiile chimice, să conchidă asupra fenomenelor ce se petreceau la nivelul atomilor ; experienţele cu bobina de inducţie şi cu pila lui Volta permiteau o primă privire asupra fenomenelor electrice, încă necunoscute în viaţa zilnică în acea vreme. Astfel s-a modificat treptat semnificaţia cuvîntului „natură", natura înţeleasă ca obiect de cercetare al ştiinţelor naturii ; el a devenit un nume comun pentru toate domeniile experienţei în care omul poate pătrunde cu mijloacele ştiinţelor naturii şi tehnicii, independent de faptul dacă acestea sînt date în experienţa nemijlocită ca „natură". Şi expresia „descriere a naturii" şi-a pierdut progresiv semnificaţia sa iniţială, ca reprezentare care trebuia să ne ofere o imagine cît mai mult cu putinţă vie şi frapantă a naturii ; ea a căpătat, într-o măsură din ce în ce mai mare, sensul de descriere matematică a naturii, adică o colecţie de informaţii de o deosebită precizie şi condensare, dar şi de o remarcabilă completitudine asupra raporturilor legice existente în natură.

Extinderea conceptului de natură, care s-a realizat prin această evoluţie pe jumătate inconştientă, nu trebuia să fie considerată o părăsire principială a obiectivelor iniţiale ale ştiinţelor naturii, deoarece conceptele fundamentale determinate pentru experienţa lărgită mai erau încă identice cu acelea necesare pentru experienţa naturală ; natura apărea în secolul al XlX-lea ca o desfăşurare legică

în spaţiu şi timp, pentru a cărei descriere se putea face abstracţie — dacă nu practic, cel puţin în principiu — de om şi de intervenţia sa asupra naturii.
Materia era considerată ceea ce rămîne constant în scurgerea fenomenelor, avînd o masă inalterabilă, care putea fi pusă în mişcare cu ajutorul forţelor. Experienţele chimice întreprinse şi interpretate cu succes, începînd cu secolul al XVIII-lea, datorită ipotezei atomului preluată din antichitate, au permis înţelegerea atomilor îii sensul filozofiei antice a naturii, ca reprezentînd existenţa autentică, ca elementele de construcţie inalterabile ale materiei. Ca şi în filozofia lui Democrit, calităţile sensibile ale materiei reprezentau doar aparentul. Mirosul sau culoarea, temperatura sau duritatea nu erau proprietăţi autentice ale materiei, ci se năşteau prin interacţiunea dintre materie şi simţurile noastre, trebuind să fie explicate prin aranjamentul şi mişcarea atomilor şi prin acţiunea acestui aranjament asupra simţurilor noastre. Astfel s-a constituit imaginea simplificată a materialismului secolului al XlX-lea : atomii ca existenţă autentică neschimbătoare se mişcă în spaţiu şi timp, iar prin dispoziţia şi mişcările lor reciproce se nasc variatele fenomene ale universului nostru sensibil.
O primă, chiar dacă însă nu prea periculoasă, breşă în această imagine s-a produs în a doua jumătate a secolului trecut prin dezvoltarea teoriei electricităţii, în care cîmpul electric şi nu materia era considerat realitatea autentică. O acţiune reciprocă între cîmpurile electrice fără o substanţă-suport era mai greu de înţeles decît reprezentarea materialistă a realităţii în fizica atomului ; şi astfel s-a introdus un element abstract şi neintuitiv în imaginea lumii care părea atît de clară în celelalte domenii. Nu au lipsit încercările de a se reveni — cu ajutorul unui eter material, care trebuia să poarte aceste cîmpuri ca un mediu elastic — la conceptul simplu al materiei, propriu filozofiei materialiste ; totuşi aceste încercări au rămas fără succes. Există însă o consolare în ideea că modificările cîmpurilor electrice puteau fi considerate şi ele ca procese ce se desfăşoară în spaţiu şi timp, că ele puteau fi descrise

absolut obiectiv, fără referire la modul în care ele erau observate, şi că ele corespundeau astfel imaginii ideale general acceptate a unei deveniri legice în spaţiu şi timp. Cîmpurile, care puteau fi observate numai în acţiunea lor reciprocă cu atomul, erau concepute ca fiind provocate de aceştia, astfel că într-un anumit sens ele puteau fi folosite doar pentru a se explica mişcarea atomilor. In această situaţie, atomii rămîneau totuşi existenţa autentică ; spaţiul vid dintre atomi, în calitatea lui de suport al cîmpurilor electrice şi al geometriei, poseda doar „o oarecare realitate44.

Pentru această imagine a universului, faptul că datorită descoperirii radioactivităţii, pe la sfîrşitul secolului trecut, atomii chimici nu mai puteau fi consideraţi drept ultimele elemente indivizibile ale realităţii avea puţină importanţă, deoarece aceştia erau consideraţi mai degrabă alcătuiţi, la rîndul lor, din trei tipuri de elemente fundamentale, pe care le numim astăzi protoni, neutroni şi electroni. Prin consecinţele sale practice, această descoperire a condus la transmutaţia elementelor şi la tehnica atomului, căpătînd prin aceasta o imensă importanţă. Dar problema de principiu nu se modifică deloc dacă noi astăzi recunoaştem protonii, neutronii şi electronii ca cele mai mici elemente constitutive ale materiei şi îi interpretăm ca reprezentînd existenţa autentică. Importantă, pentru imaginea materialistă a universului, este acum posibilitatea de a considera aceste cele mai mici pietre de construcţie, particulele elementare, drept ultima realitate obiectivă. Pe această bază se întemeia imaginea despre univers, solid construită, a secolului al XlX-lea şi a începutului secolului al XX-lea şi, datorită simplităţii ei, ea şi-a păstrat timp de mai multe decenii întreaga putere de convingere.

Dar tocmai în acest domeniu s-au produs în secolul nostru modificări profunde în fundamentele fizicii atomului, care ne îndepărtează de concepţia despre realitate a filozofiei atomice antice. S-a constatat că acea sperată rea-litate obiectivă a particulelor elementare reprezintă (^simplificare prea grosolană a stărilor reale de lucruri şi de aceea ea «trebuie să cedeze locul unor reprezentări

mult mai abstracte. Căci, dacă vrem să ne facem o imagine despre genul de existenţă a particulelor elementare, atunci nu mai putem face abstracţie în mod fundamental de procesele fizice prin care obţinem informaţii despre aceste particule. Atunci cînd observăm obiecte ale experienţei noastre cotidiene, procesul fizic care ne mijloceşte observarea joacă numai un rol subordonat. Pentru cele mai mici pietre de construcţie ale materiei, orice proces de observaţie provoacă însă o perturbaţie considerabilă ; nu mai putem vorbi despre comportarea particulelor independent de procesul de observare. Aceasta are ca urmare faptul că legile naturii pe care le formulăm matematic în teoria cuantică nu se mai referă la particulele elementare în sine, ci la cunoştinţele noastre asupra acestor particule elementare. Problema dacă aceste particule „în sine" există în spaţiu şi timp nu mai poate fi pusă în această formă, întrucît noi întotdeauna putem să vorbim numai despre procese care se desfăşoară atunci cînd prin acţiunea reciprocă a particulei cu oricare alt sistem fizic, de exemplu cu instrumentele de măsură, încercăm să cunoaştem comportarea particulelor. Reprezentarea unei realităţi obiective a particulelor elementare a dispărut astfel într-un mod ciudat nu în ceaţa reprezentării unei realităţi noi, neclară sau încă neînţeleasă, ci în claritatea transparentă a unei matematici care nu mai reprezintă comportarea particulelor elementare, ci cunoaşterea pe care o avem despre această comportare.

Fizicianul atomist a trebuit să se aplece în faţa faptului că ştiinţa lui nu este decît o verigă a lanţului nesfîrşit al dialogului omului cu natura, că ea nu mai poate vorbi simplu despre natura „în sine". Ştiinţele naturii presupun întotdeauna existenţa prealabilă a omului şi, aşa cum s-a exprimat Bohr, trebuie să ne dăm seama că în teatrul vieţii noi nu sîntem numai spectatori, ci şi actori. înainte de a putea vorbi de consecinţele generale care decurg din această nouă situaţie a fizicii moderne, este necesar să luăm în considerare dezvoltarea tehnicii, mult mai importantă pentru viaţa practică de pe Pă- mînt şi care se

produce paralel cu dezvoltarea ştiinţelor naturii. Numai prin această tehnică s-au extins ştiinţele naturii din Occident pe întregul glob, căpătînd un loc central în gîndirea contemporană. în procesul acestei dezvoltări din cursul ultimelor două secole, tehnica a fost în mod permanent condiţie şi consecinţă a ştiinţelor naturii. Ea este o condiţie a ştiinţelor naturii întrucît extinderea şi aprofundarea ştiinţei nu se pot produce adesea decît prin perfecţionarea mijloacelor de observaţie ; este suficient să ne amintim de descoperirea lunetei şi a microscopului sau de descoperirea radiaţiilor Roentgen. Tehnica este, pe de altă parte, consecinţă a ştiinţelor naturii, întrucît exploatarea* tehnică a forţelor naturii nu devine, în general, posibilă decît datorită unei cunoaşteri aprofundate a domeniului de experienţă corespunzător.
în felul acesta s-a dezvoltat în secolul al XVIII-lea şi la începutul secolului al XlX-lea o tehnică ce se întemeiază pe folosirea fenomenelor mecanice. în această tehnică, maşina nu face altceva decît să imite mîna omului, fie că e vorba de tors sau de ţesut, de ridicarea greutăţilor sau de forjarea marilor blocuri de fier. Din această cauză, tehnica a fost considerată mai întîi ca o prelungire şi extindere a vechii manufacturi ; celor neiniţiaţi ea le apărea la fel de uşor de înţeles şi de evidentă ca şi instrumentele vechilor meşteşuguri, ale căror principii le cunoştea oricine chiar dacă nu fiecare le putea imita opera. Acest caracter al tehnicii nu s-a modificat fundamental nici chiar prin introducerea maşinii cu aburi ; începînd însă cu maşina cu aburi, tehnica s-a extins în proporţii necunoscute pînă atunci, fiindcă acum forţele naturii, care erau concentrate în cărbune, puteau fi puse în slujba oamenilor pentru a înlocui munca lor manuală.
O modificare hotărîtoare a caracterului tehnicii nu s-a produs decît odată cu dezvoltarea electrotehnicii, în a doua jumătate a secolului trecut. In acest caz nu se mai putea vorbi de o legătură nemijlocită cu vechea manufactură. Este vorba mai degrabă de exploatarea unor forţe ale naturii care nu-i erau deloc cunoscute omului din experienţa directă. De aceea, electrotehnica rămîne pentru

mulţi oameni chiar şi astăzi ceva înspăimîntător, ea este cel puţin considerată de neînţeles, deşi ne înconjură din toate părţile. Cablul de înaltă tensiune, de care nu trebuie să ne apropiem, ne dă într-o anumită măsură o idee intuitivă despre noţiunea de cîmp electric, pe care-l folosesc aici ştiinţele naturii, dar, în esenţă, acest domeniu al naturii ne rămîne străin. A privi în interiorul unui aparat electric complicat ne este adesea la fel de neplăcut ca a asista la o intervenţie chirurgicală.
Tehnica chimiei ar putea fi considerată şi ea ca o continuare a vechilor meşteşuguri, cum ar fi vopsitoria, tăbăcăria şi farmacia. Dar şi aici extinderea noii tehnici a chimiei, dezvoltată începînd aproximativ cu trecerea la secolul al XX-lea, nu ne mai îngăduie nici o comparaţie cu ceea ce a fost odată.
In sfîrşit, în tehnica atomică este vorba de o exploatare a unor forţe ale naturii la care nu mai avem nici un fel de acces plecînd de la lumea experienţei naturale. Este posibil ca şi această tehnică să devină tot aşa de familiară ca şi electrotehnica pentru omul modern, care nu şi-o poate închipui ca absentă din lumea care-l înconjură direct. Dar chiar şi lucrurile care ne înconjură în viaţa cotidiană nu devin, datorită acestui fapt, o parte a naturii, în sensul originar al cuvîntului. In viitor, numeroasele aparate tehnice vor deveni poate tot aşa de nedespărţit de om cum este cochilia de melc sau pînza de păianjen. Dar şi în acest caz aparatele vor fi mai degrabă părţi ale organismului omenesc decît părţi ale naturii înconjurătoare.
Intervenţia profundă a tehnicii în raporturile dintre natură şi om se manifestă prin aceea că tehnica transformă pe scară largă lumea încon-jurătoare, indicîndu-i omului neîncetat şi inevitabil aspectul natural-ştiinţific al universului. Pretenţia ştiinţelor de a putea să pătrundă natura cu ajutorul unei metode capabile să desprindă şi să ilumineze individualul, înaintînd de la o configuraţie de relaţii la alta, se reflectă în tehnica ce progresează pas cu pas în domenii noi şi transformă sub ochii noştri lumea înconjurătoare, pe care o înseamnă cu pecetea umană. După cum în ştiinţele naturii fiecare problemă individuală

se subordonează mariî sarcini a înţelegerii naturii în totalitatea ei, tot la fel orice progres tehnic, oricît de mic, serveşte scopului general de a extinde puterea materială a oamenilor. Valoarea acestui obiectiv este la fel de puţin discutabilă ca şi valoarea cunoaşterii naturii în ştiinţă, ambele scopuri reunindu-se în formula devenită banală : „A şti înseamnă a putea". Deşi subordonarea fiecărui proces tehnic particular scopului general poate fi susţinută, totuşi pentru dezvoltarea integrală este caracteristic faptul că procesele tehnice particulare sînt legate adesea de scopul general într-un mod atît de indirect încît nu mai pot fi considerate aproape deloc drept părţi ale unui plan general elaborat conştient pentru atingerea acestui obiectiv. în aceste cazuri, tehnica aproape că nu mai apare ca un produs al eforturilor conştiente ale omului în vederea extinderii puterii lui materiale, ci mai degrabă ca un fenomen biologic în mare, în cadrul căruia structurile interne ale organis-mului uman sînt transferate din ce în ce mai mult lumii înconjurătoare ; un proces biologic care prin însăşi natura lui se sustrage controlului omului, fiindcă, „chiar dacă omul face ce vrea, el nu poate voi ceea ce vrea".

S-a spus adesea în această privinţă că transformarea profundă pe care era tehnicii a adus-o lumii noastre înconjurătoare şi modului nostru de viaţă a modificat de asemenea, într-un mod periculos, gîndirea noastră, şi în acest fapt trebuie căutată rădăcina crizelor care au zguduit vremea noastră şi care-şi găsesc expresia, de exemplu, şi în arta modernă. De fapt, această obiecţie este cu mult mai veche decît tehnica şi ştiinţa erei moderne, căci, într-o formă primitivă, tehnica şi maşinile existau de multă vreme, astfel încît oamenii au fost obligaţi din timpurile de mult apuse să mediteze asupra acestor probleme. Acum două milenii şi jumătate, de exemplu, înţeleptul chinez Dschau Ang Dei vorbea de pericolul pe care-l reprezenta folosirea maşinilor pentru om ; aş vrea să citez aici un pasaj din scrierile sale care prezintă interes pentru subiectul nostru :

„Pe cînd Dsi Gung străbătea regiunea de la nord de rîul Han, văzu un om bătrîn lucrînd în grădina lui de zarzavat, în care construise canale de irigaţie. Bătrînul cobora el însuşi în puţuri şi urca cu braţele sale un vas plin cu apă pe care-l golea în canale. Deşi se străduia din toate puterile, munca lui avea puţin spor.
Dsi Gung spuse : «Există un mijloc de a iriga o sută de canale într-o singură zi. Cu puţină osteneală poţi obţine rezultate însemnate. Nu vrei să-l foloseşti ?»
. Grădinarul se ridică, îl privi şi spuse : «Şi care este mijlocul acesta ?».
Dsi Gung spuse : «Iei o pîrghie de lemn, grea spre coadă şi uşoară în partea din faţă. Aşa poţi scoate apa din adîncime. Acest lucru se numeşte fîntînă cu cumpănă».
Pe faţa bătrînului apăru mînia, şi el răspunse cu un rîset : «L-am auzit pe învăţătorul meu spunînd : Acela care foloseşte o maşină face toate treburile ca o maşină ; acela care face treburile ca o maşină capătă o inimă de maşină ; acela care are o inimă de maşină în pieptul lui îşi pierde nevinovăţia lui curată ; iar omul care şi-a pierdut nevinovăţia lui curată nu mai este sigur de impulsurile spiritului său ; nesiguranţa spiritului nu se poate împăca cu judecata ade-vărată».
Nu că n-aş cunoaşte aceste lucruri, dar mi-e ruşine să mă servesc de ele".
Fiecare dintre noi simte că această străveche povestire conţine o parte însemnată de adevăr, fiindcă „nesiguranţa în impulsurile spiritului" este poate o expresie care ar putea descrie în modul cel mai izbitor starea oamenilor în criza actuală. In ciuda acestui fapt, tehnica, maşinile au invadat lumea într-o măsură pe care înţeleptul chinez nu putea s-o bănuiască ; şi totuşi de două milenii au fost create instrumente tehnice foarte frumoase, iar nevinovăţia spiritului de care vorbeşte filozoful nu a fost nicicînd cu totul pierdută, ci s-a manifestat, uneori mai puternic alteori mai slab, fără a înceta vreodată de a fi fecundă. Căci ridicarea la un nivel superior a speciei umane s-a realizat prin dezvoltarea uneltelor ; deci tehnica nu poate reprezenta cauza pierderii în epoca noastră a conştiinţei

coeziunii, observată în multe domenii. Ne-am apropia poate de adevăr dacă am pune numeroasele complicaţii care s-au ivit pe seama extinderii bruşte şi — comparată cu transformările anterioare — rapidă a tehnicii în ultimii 50 de ani, deoarece această rapiditate a transfor-mărilor în comparaţie cu secolele anterioare pur şi simplu nu a lăsat timp omenirii să se adapteze condiţiilor de viaţă nou create. Dar chiar şi acest fapt nu explică corect, sau în mod complet, de ce epoca noastră pare că se află evident în faţa unei noi situaţii, pentru care nu găsim nimic analog în istorie.

Am spus chiar de la început că modificările în fundamentele ştiinţelor moderne ale naturii ar putea fi considerate un simptom al dislocării fundamentelor existenţei noastre, care se manifestă simultan în multe domenii, fie că este vorba de modificări ale modului nostru de viaţă şi ale deprinderilor noastre de gîndire sau de catastrofe externe, războaie sau revoluţii. Dacă încercăm, pornind de la situaţia ştiinţelor moderne ale naturii, să sondăm fundamentele intrate în mişcare ale existenţei umane, putem spune, fără a avea impresia că modificam prea grosolan raporturile, că pentru prima oară în decursul istoriei omul se raportează numai la sine pe acest Pământ, că el nu mai are nici partener, nici adversar. Această afirmaţie este valabilă mai întîi într-o formă cu totul banală pentru lupta omului contra pericolelor externe.

înainte omul era ameninţat de animalele sălbatice, de boli, de foame, de frig şi de alte forţe ale naturii, iar în această luptă orice îmbunătăţire a tehnicii însemna o întărire a poziţiei lui, adică un progres. In epoca noastră, cînd Pă-mîntul a devenit din ce în ce mai populat, re- strîngerea posibilităţilor de viaţă, deci şi pericolele, provin în primul rînd de la ceilalţi oameni, care-şi revendică şi ei dreptul la bunurile Pământului. In acest conflict însă, dezvoltarea tehnicii nu ar tiebui să mai reprezinte un progres. Expresia „Omul se raportează numai la sineu are în era tehnicii o valabilitate într-un sens şi mai larg. In epocile anterioare, omul se afla faţă în faţă cu natura ; această natură, locuită de fiinţe de toate genurile, era un imperiu care trăia după

legile lui proprii, la care omul trebuia să se adapteze într-un fel sau altul. Astăzi trăim însă într-o lume atît de complet transformată de om încît peste tot întâlnim structuri create de om, ne întîlnim, într-o măsură anumită, mereu cu noi înşine, fie că folosim instrumente în viaţa de toate zilele, fie că folosim o hrană pentru prepararea căreia s-au folosit maşinile, fie că traversăm regiunile naturii transformate de om. Există, neîndoielnic, părţi ale Pămîntului unde acest proces este încă departe de a fi terminat, însă, mai devreme sau mai tîrziu, stăpînirea de către om a naturii va trebui să fie totală.
Cel mai strict apare însă noua situaţie chiar în ştiinţele moderne, în care, aşa cum am spus mai înainte, ea ne arată că nu mai putem considera „în sine" pietrele de construcţie ale materiei, care erau înţelese mai înainte ca reprezentînd realitatea obiectivă ultimă, că ele se sustrag oricărei fixări obiective în spaţiu şi timp şi că în esenţă, noi putem lua ca obiect al ştiinţei întotdeauna doar cunoaşterea pe care o putem avea despre aceste particule. Scopul cercetării nu mai este, de aceea, cunoaşterea atomilor şi a mişcării lor ,,în sine", adică independent de observaţia experimentală ; mai degrabă ne găsim de la început în centrul dialogului dintre natură şi om, din care ştiinţa naturii nu reprezintă decît o parte, astfel încît împărţirea uzuală a lumii în subiect şi obiect, lume interioară şi lume exterioară, corp şi suflet nu mai corespunde, producînd o serie de dificultăţi. Şi pentru ştiinţele naturii obiectul cercetării nu-l mai reprezintă natura în sine, ci natura supusă întrebărilor omului, astfel că şi în acest domeniu omul nu se întîlneşte din nou decît cu el însuşi.
Este evident că sarcina epocii este acomodarea la această nouă situaţie, în toate domeniile vieţii, şi numai cînd aceasta se va realiza omul va putea să-şi regăsească „siguranţa în impulsurile spiritului", despre care vorbea înţeleptul chinez. Acest drum va fi lung şi dureros, şi noi nu putem şti prin ce etape de suferinţă va trebui să trecem. Dar, dacă se caută cîteva indicii asupra modului în care va

arăta acest drum, v-aş cere permisiunea să ne mai reamintim exemplul ştiinţelor exacte ale naturii.
In teoria cuantică s-a acceptat situaţia descrisă mai sus de îndată ce s-a reuşit ca ea să fie formulată matematic, ceea ce a permis să se prevadă rezultatul unei experienţe în fiecare caz, clar şi fără pericolul unei contradicţii logice. Noua situaţie a fost astfel acceptată în momentul în care neclarităţile au fost înlăturate. Formulele matematice nu mai reprezentau atunci natura, ci cunoaşterea noastră despre natură, şi astfel s-a renunţat la un gen de descriere a naturii practicată de cîteva secole şi care — nu cu mai mult de cîteva decenii înainte — era considerată ca obiectivul normal al oricărei ştiinţe exacte a naturii. Deocamdată trebuie să ne mărginim a spune că această acceptare se referă numai la domeniul fizicii atomice, deoarece aici putem descrie exact experienţele. Imediat ce este vorba însă de interpretarea filozofică a teoriei cuantelor, părerile diferă, auzindu-se adesea că această nouă formă a descrierii naturii ar fi încă nesatisfăcătoare, deoarece ea nu ar corespunde idealului anterior al adevărului ştiinţific, că ea ar reprezenta numai un simptom pentru criza noastră, nefiind în nici un caz definitivă.
Ar fi poale util să examinăm într-un mod mai general, în acest context, conceptul de adevăr ştiinţific, întrebîndu-ne asupra criteriilor după care o cunoaştere ştiinţifică poate fi numită consecventă şi definitivă. Mai întîi, un criteriu mai degrabă exterior. Atîta vreme cît un domeniu al vieţii spirituale se dezvoltă mai departe constant şi fără discontinuităţi interne, omului care lucrează în acest domeniu i se pun diverse probleme de detaliu, care într-o anumită măsură reprezintă chestiuni de meserie, a căror soluţie nu este un scop în sine, ci apare ca avînd o valoare pentru coeziunea marelui ansamblu, singurul cu adevărat important. Aceste probleme de detaliu sînt puse, ele nu trebuie mai întîi căutate de noi, iar soluţionarea lor este condiţie a colaborării la ansamblu. Astfel se întîmpla atunci cînd sculptorii evului mediu se străduiau să redea cît mai exact posibil cutele unui veşmînt : soluţia acestei probleme de amănunt era necesară întrucît cutele veşmîntului unui

sfînt făceau parte din ansamblul religios spre care se năzuia. Asemenea chestiuni de detaliu s-au pus şi se pun permanent în ştiinţa modernă a naturii, iar răspunsul care li se dă este o condiţie a înţelegerii ansamblului. Asemenea probleme au apărut şi în cursul dezvoltării care s-a produs în ultimii 50 de ani, ele nu trebuiau inventate, iar scopul era mereu aceeaşi mare coerenţă a legilor naturii Din acest punct de vedere nu există nici un motiv exterior în ştiinţa exactă a naturii pentru vreo soluţie de continuitate.
In ceea ce priveşte însă caracterul definitiv al rezultatelor, trebuie reamintit că în sfera ştiinţelor exacte ale naturii nu au existat niciodată soluţii definitive, cu excepţia unor domenii limitate ale experienţei. Problemele care pot fi formulate, de exemplu, cu conceptele mecanicii newtoniene şi-au găsit un răspuns valabil pentru toate timpurile în legile lui Newton şi în concluziile matematice care pot rezulta din ele. Aceste soluţii nu depăşesc însă conceptele şi formularea problemelor proprii mecanicii newtoniene. Din această cauză, teoria electricităţii, de exemplu, nu a mai fost accesibilă unei analize bazate pe aceste concepte, în cursul cercetărilor din acest domeniu elabo- rîndu-se noi sisteme conceptuale cu ajutorul cărora legile naturale ale ştiinţei electricităţii au putut căpăta o formulare matematică definitivă. Cuvîntul „definitiv", folosit în contextul ştiinţelor exacte ale naturii, înseamnă deci că există sisteme de concepte şi de legi care formează o totalitate închisă, care pot fi formulate matematic şi care sînt valabile pentru anumite domenii ale experienţei; în aceste domenii, sistemele de concepte şi legi au o valabilitate universală, nefiind apte să sufere nici modificări, nici ameliorări. Fireşte, nu putem spera ca aceste concepte şi legi să fie în stare, mai tîr- ziu, să reprezinte noi domenii ale experienţei. Numai în acest sens limitat pot fi astfel conceptele şi legile mecanicii cuantice considerate ca definitive, şi numai în acest sens limitat se poate în general fixa în mod definitiv cunoaşterea ştiinţifică, matematic sau în oricare alt limbaj.
Intr-un mod analog, anumiţi filozofi ai dreptului admit că, deşi dreptul există veşnic, totuşi pentru fiecare caz juridic

ar trebui găsită în principiu o nouă lege, că legea scrisă nu poate fi aplicată decît în domenii limitate ale vieţii şi că de aceea ea nu poate avea o valabilitate permanentă. Ştiinţele exacte ale naturii pleacă şi ele de la ideea că pînă la urmă ne va fi posibil să înţelegem natura în fiecare nou domeniu al experienţei, însă cum sensul termenului „a înţelege" nu a fost fixat a priori, cunoaşterea naturii din epocile anterioare, formulată matematic, deşi „definitivă", nu este întotdeauna aplicabilă. Tocmai această stare de lucruri face imposibilă întemeierea pe cunoaşterea ştiinţifică a profesiunilor de credinţă destinate să influenţeze comportarea noastră în viaţă. Căci această fundamentare se poate realiza numai prin cunoştinţe matematice fixate, iar acestea sînt aplicabile doar la domenii limitate ale experienţei. Afirmaţia, care stă adesea la începutul unor profesiuni de credinţă născute în secolul nostru, că în acestea nu am avea de-a face cu credinţe, ci cu o cunoaştere ştiinţific fundată conţine deci o contradicţie internă şi se întemeiază pe o autoiluzionare.

Şi totuşi această constatare nu trebuie să ne conducă la subestimarea soliditătii fundamentului edificiului ştiinţelor exacte ale naturii. Conceptul de adevăr ştiinţific, care este fundamentul acestor ştiinţe, poate include în el numeroase moduri de a înţelege natura. In afară de ştiinţele naturii din secolele trecute, acest concept cuprinde, de asemenea, şi fizica modernă. Din aceasta rezultă că avem posibilitatea să ne acordăm unei stări de cunoaştere în care obiectivarea completă a proceselor naturii nu mai este posibilă, dar în care putem totuşi stabili raporturi cu natura.

Dacă se poate vorbi de o imagine a naturii conformă cu ştiinţele exacte ale naturii din vi emea noastră, atunci trebuie să înţelegem prin ea nu atît imaginea naturii, cît imaginea raporturilor noastre cu natura. Vechea împărţire a lumii într-o existenţă care se desfăşoară obiectiv în spaţiu şi timp, pe de o parte, şi un spirit în care se reflectă această dezvoltare, pe de altă parte — aşadar împărţirea lui Descartes în res cogitans şi res extensa —, nu mai corespunde ca punct de plecare în înţelegerea ştiinţelor

moderne ale naturii. In cîmpul de vedere al acestei ştiinţe se află mai presus de toate reţeaua relaţiilor omului cu natura, raporturile prin care noi — în calitatea noastră de fiinţe fizice vii — sîntem părţi dependente de natură, în timp ce — în calitatea noastră de oameni — reprezentăm obiectul gîndirii şi al acţiunilor noastre. Incetînd de a mai fi un spectator al naturii, ştiinţa se recunoaşte şi ea drept parte a acţiunilor reciproce dintre om şi natură. Metoda ştiinţifică ce selecţionează, explică şi ordonează recunoaşte şi graniţele ce i-au fost impuse datorită faptului că prin folosirea metodei se schimbă şi se transformă obiectul, că metoda nu mai poate fi astfel despărţită de obiectul ei. Imaginea natural-ştiinţifică asupra naturii încetează astfel a mai fi propriu-zis natural-ştiinţifică.
Prin clarificarea acestor paradoxuri într-un domeniu ştiinţific îngust nu s-a obţinut, desigur, decît puţin pentru situaţia generală a timpului nostru, în care, pentru a repeta o simplificare folosită mai sus, ne aflăm dintr-o dată singuri cu noi înşine. Speranţa că extinderea puterii materiale şi spirituale a omului ar reprezenta întotdeauna un progres îşi găseşte în această situaţie o graniţă chiar dacă aceasta, la început, nu e vizibilă cu claritate, iar pericolele devin cu atît mai mari cu cît valul de optimism adus de credinţa în acest progres se loveşte mai tare de această limită. Printr-o altă metaforă am putea face ca acest pericol să devină şi mai conştient. Datorită unei creşteri, în aparentă nelimitată, a puterii ei materiale, omenirea se află în situaţia unui căpitan a cărui navă ar fi construită dintr-o cantitate atît de mare de oţel şi fier încît busola lui, în loc să indice nordul, nu s-ar îndrepta decît spre masa metalică a vasului. O asemenea navă nu ar ajunge nicăieri. Expusă vînturilor şi curenţilor, singurul lucru pe care l-ar putea face ar fi acela de a se învîrti într-un cerc. Să ne amintim însă din nou de situaţia din fizica modernă. Pericolul există numai atîta vreme cît căpitanul nu ştie că busola lui nu mai reacţionează la forţa magnetică a Pămîntului. In clipa în care el înţelege acest fapt, pericolul dispare deja pe jumătate. Fiindcă acel căpitan, care nu va dori să se-nvîrtească în cerc, ci să ajungă la o ţintă cunoscută sau

necunoscută, va găsi un mijloc să-şi conducă nava, fie folosind noile busole moderne, care nu reacţionează la masa de fier a vasului, fie ori?n- tîndu-se după stele, aşa cum se făcea pe timpuri. Este adevărat că nu depinde de noi dacă stelele sînt sau nu vizibile ; în vremea noastră nu ie vedem decît rareori; însă, în orice caz, faptul că sîntem conştienţi de limitele speranţei pe care o exprimă credinţa în progres conţine dorinţa de a nu ne învîrti în cerc, ci de a atinge o ţintă. In momentul în care recunoaştem clar această limită, ea devine primul punct fix care ne permite o nouă orientare. Comparaţia cu ştiinţele moderne ale naturii ne permite poate să sperăm că avem de-a face cu limita unor anumite forme de dezvoltare din domeniu] vieţii omeneşti, şi nu cu o limită a sferei vieţii propriu-zise. Spaţiul în care se dezvoltă omul în calitatea lui de fiinţă spirituală are mai multe dimensiuni în comparaţie cu singura dimensiune în care s-a dezvoltat activitatea lui în cursul ultimelor secole. S-ar putea conchide că, într-o perioadă îndelungată de timp, acceptarea conştientă a acestei limite va duce la o anumită stabilizare, în care gîndurile omului se vor ordona de la sine în jurul unui centru comun. O asemenea ordine va reprezenta poate şi o bază nouă în dezvoltarea artei, dar a vorbi despre acest fapt nu mai poate fi o sarcină a cercetătorilor din domeniul ştiinţelor naturii.

CERCETAREA ATOMULUI ŞI LEGEA CAUZALITĂŢII

Printre cele mai interesante rezultate generale ale fizicii moderne a atomului se înscriu şi transformările produse, sub influenţa ei, în conceptul de legitate naturală.

în cursul ultimilor ani s-a spus mereu că fizica modernă a atomului abandonează legea cauzalităţii sau, cel puţin, îi limitează parţial puterea, astfel încît nu s-ar putea vorbi de o determinare legică propriu-zisă a proceselor. Uneori s-a spus, pur şi simplu, că principiul cauzalităţii nu este compatibil cu ştiinţa modernă a atomului. Formulările de acest gen rămîn obscure itîta vreme cît conceptele de cauzalitate sau legitate nu sînt satisfăcător elucidate. Tocmai de aceea aş dori, în cele ce urmează, să vorbesc mai întîi pe scurt despre dez-voltarea istorică a acestor

concepte. Apoi voi intra în discutarea relaţiilor existente între fizica atomică şi principiul cauzalităţii aşa cum au fost acestea cu mult înainte de teoria cuantică. In final voi vorbi despre consecinţele teoriei cuantice şi despre dezvoltarea fizicii atomului în ultimii ani. Această dezvoltare este încă puţin cunoscută publicului, totuşi pare că trebuie să ne aşteptăm la repercusiuni ale acesteia în domeniul filozofiei.
întrebuinţarea conceptului de cauzalitate pentru regula cauzei şi efectului este istoric relativ recentă. în filozofiile antice, termenul ,,causa" avea o semnificaţie mult mai generală decît cea de astăzi. Referindu-se la Aristotel, scolastica vorbea de patru tipuri de cauze. Acolo se găsesc amintite : „causa formalis", pe care astăzi am putea-o numi structura sau conţinutul conceptual al unui lucru : „causa materia- lis", adică materia din care este alcătuit un anumit lucru, „causa jinalis", scopul pentru care obiectul a fost creat, şi, în fine, „causa ejfi- ciens" ; numai „causa efficiens" corespunde în- trucîtva la ceea ce noi astăzi desemnăm prin termenul de cauză.
Transformarea conceptului „causa" în conceptul actual de cauză s-a produs în cursul secolelor, într-o legătură internă cu transformarea întregii realităţi, aşa cum o concepe omul, şi cu naşterea ştiinţelor naturii la începutul erei moderne. în măsura în care procesul material cîştiga realitate, şi cuvîntul „causa" se raporta la acele fenomene materiale care premerg fenomenului de explicat şi, într-un anumit fel, îl provoacă. Tocmai de aceea Kant, care în multe privinţe a tras * consecinţele dezvoltării ştiinţelor naturii după Newton, foloseşte deja termenul de cauzalitate în accepţia curentă din secolul al XlX-lea : „Atunci cînd aflăm că ceva se produce, noi presupunem întotdeauna că a existat mai înainte un lucru din care primul decurge după o regulă".
Astfel, formula cauzalităţii a fost limitată şi a fost în final identificată cu faptul de a aştepta ca un eveniment natural să fie riguros determinat ; drept urmare, cunoaşterea exactă a naturii sau a unei părţi a acesteia trebuie să fie suficientă, cel puţin în principiu, pentru a se prevedea viitorul. Fizica lui Newton a fost astfel concepută încît din

starea unui sistem la un timp determinat s-ar putea calcula dinainte mişcarea viitoare a sistemului. Faptul că acesta ar fi un principiu al naturii a fost formulat în maniera cea mai generală şi cea mai comprehensibilă de Laplace : el a construit ficţiunea unui demon care, la un moment dat, ar cunoaşte poziţia şi mişcarea tuturor atomilor şi ar fi astfel în măsură să prevadă dinainte viitorul întregului univers. Dacă se ia termenul de cauzalitate într-un sens restrîns, se vorbeşte de „determinism" şi se înţelege prin aceasta faptul că există legi naturale stabile care determină univoc starea viitoare a unui sistem ple- cînd de la starea lui actuală.

Fizica atomică a dezvoltat de la început noţiuni care, realmente, nu se mai acordă acestei imagini. Aceste noţiuni nu o contrazic încă fundamental, dar maniera de a gîndi proprie ştiinţei atomice a trebuit de la început să se distingă de aceea a determinismului. Deja în doctrina atomistă antică a lui Democrit şi Leucip se admitea că procesele la scară mare rezultă din multiplele procese neregulate la scară microscopică. Că aceasta este în mod fundamentat adevărat este suficient să o probăm cu ajutorul exemplelor din viaţa de zi cu zi. Agricultorului îi este suficient să constate că un nor a căzut şi a udat cîmpul, şi nimeni nu are nevoie să ştie cum au căzut picăturile de apă fiecare în parte. Să luăm un alt exemplu : toată lumea înţelege ceea ce înseamnă cuvîntul „granit", deşi forma, compoziţia chimică a micilor cristale, raportul de compoziţie şi cu-loarea lui nu sînt exact cunoscute. Ne servim astfel întotdeauna de concepte care se referă la comportarea fenomenelor la scară mare fără a ne interesa de procesele individuale care se desfăşoară la scară microscopică.

Această idee a acţiunii statistice colective a unui mare număr de procese individuale mici a constituit deja în teoria atomistă a anticilor baza explicării lumii, fiind generalizată în reprezentarea conform căreia toate calităţile sen-sibile ale materiei sînt produse indirect de dispunerea şi mişcarea atomilor. Democrit scria : „Un lucru nu este dulce sau amar decît în aparenţă, numai în

aparenţă are el o culoare, în realitate există doar atomii şi spaţiul vid". Dacă se explică procesele senzorial-perceptibile de acest fel prin concursul unui număr foarte mare de procese individuale mici, rezultă aproape cu necesitate că legităţile din natură sînt considerate unic ca legităţi statistice. Este adevărat, legităţile statistice pot conduce la afirmaţii al căror grad de probabilitate este atît de înalt încît el se învecinează cu certitudinea. Dar, în principiu, pot exista întotdeauna excepţii.

Conceptul de legitate statistică este adesea considerat plin de contradicţii. Se spune că ne-am putea reprezenta că procesele din natură sînt determinate legic sau chiar că ele se desfăşoară complet dezordonat, dar prin legitate statistică nu ne putem reprezenta nimic. Dimpotrivă, să ne reamintim că în viaţa noastră zilnică avem de-a face la fiecare pas cu legităţi statistice, pe care le luăm ca temei al acţiunii noastre practice. Atunci cînd un tehnician construieşte o hidrocentrală, el ţine seama de o cantitate anuală medie a căderilor de ploaie, deşi el nu are nici o idee cînd va ploua şi cît.

Legităţile statistice semnifică, de regulă, faptul că sistemul fizic respectiv este cunoscut doar incomplet. Cel mai cunoscut exemplu este jocul cu zarurile. Intrucît nici o latură a zarului nu se deosebeşte de alta şi nu se poate în nici un fel prezice pe ce latură va cădea zarul, se poate presupune că, într-o serie foarte mare de aruncări, tocmai a şasea parte din acestea va fi faţa cu cinci puncte.

La începutul erei moderne s-a încercat de timpuriu să se explice comportarea materiei prin comportarea statistică a atomilor ei, nu numai calitativ, ci şi cantitativ. încă Robert Boyle arăta că raportul dintre presiune şi volum dintr-un gaz ar putea fi înţeles dacă se explică presiunea prin ciocnirile numeroase pe care le provoacă atomii individuali pereţilor unui recipient. într-o manieră analoagă s-au explicat fenomenele termodinamice, acceptînd că atomii se mişcă într-un corp cald cu o violenţă mai mare decît într-un corp rece. S-a reuşit să se dea acestei afirmaţii o formă matematică precisă şi prin aceasta să se înţeleagă legile termodinamicii.

Utilizarea legităţilor statistice şi-a aflat forma sa definitivă în a doua jumătate a secolului trecut, prin aşa-numita mecanică statistică. în această teorie, ale cărei fundamente derivă simplu din mecanica newtoniană, se cercetează consecinţele decurgînd dintr-o cunoaştere incompletă a unui sistem mecanic complex. Principial, determinismul nu este abandonat, admiţîndu-se, conform mecanicii newtoniene, că procesele individ-uale ar fi complet determi-nate. Dar se adaugă ideea că proprietăţile mecanice ale sistemului nu ar fi complet cunoscute. Gibbs şi Boltzmann au reuşit să exprime obiectiv în formule matematice genul de cunoaştere incompletă ; în special Gibbs a putut să arate că noţiunea de temperatură este direct legată tocmai de incompletitudinea cunoaşterii. A cunoaşte temperatura unui sistem echivalează cu cunoaşterea faptului că sistemul aparţine unui grup de sisteme echivalente. Acest grup de sisteme poate fi descris exact matematic, nu însă sistemul special despre care este vorba. Prin aceasta Gibbs, fără să-şi dea în întregime seama, a realizat un pas care a atras mai tîr- ziu consecinţe dintre cele mai impoitante. Gibbs a introdus pentru prima oară un concept fizic care poate fi aplicat unui obiect al naturii numai dacă cunoaşterea noastră a acestui obiect este incompletă. Dacă, de exemplu, mişcarea şi poziţia tuturor moleculelor unui gaz ar fi cunoscute, a vorbi de temperatura acestui gaz nu ar mai avea nici un sens. Conceptul de temperatură se poate aplica numai dacă un sistem este insuficient cunoscut şi dacă se vrea să se tragă concluzii statistice din această cunoaştere incompletă. Deşi de la descoperirile lui Gibbs şi Boltz- mann cunoaşterea incompletă a unui sistem a fost cuprinsă în formularea legilor fizice, nu s-a abandonat totuşi fundamental principiul determinismului pînă la celebra descoperire a lui Max Planck, cu care a debutat „teoria cuantică". Planck, în lucrările sale asupra teoriei radiaţiilor, nu găsise la început decît un element de discontinuitate în fenomenele de radiaţie. El a arătat că un atom emite energia nu în mod continuu, ci discontinuu, prin şocuri. Această emisie de energie discontinuă şi prin

şocuri, ca toate reprezentările teoriei atomului, conduce din nou la ipoteza că emiterea de raze este un fenomen statistic. Dar a trebuit să treacă două decenii şi jumătate pînă să se realizeze faptul că teoria cuantică ne obligă realmente tocmai la formularea legilor ca legi statistice şi la părăsirea principială a determinismului. După lucrările lui Einstein, Bohr şi Sommerfeld, teoria lui Planck a ajuns la cheia cu care se poate deschide uşa sp^e întregul domeniu al fizicii atomului. Cu ajutorul modelului atomului creat de Bohr şi Sommerfeld, s-au putut explica procesele chimice, iar de atunci chimia, fizica şi astrofizica s-au contopit într-un tot unitar. Totuşi, în ceea ce priveşte formularea matematică a legilor cuantice, savanţii s-au văzut forţaţi să abandoneze determinismul pur. Intrucît nu pot vorbi aici despre aceste formulări matematice, mă voi limita să indic cîteva formule care exprimă situaţia specială a savantului în <cadrul fizicii atomice.

S-ar putea exprima divergenţa dintre fizica contemporană şi fizica anterioară prin aşa-nu- mitele „relaţii de indeterminare". S-a stabilit că nu este posibil să se indice simultan, cu orice exactitate dorită, poziţia şi viteza unei particule atomice. Se poate măsura foarte exact poziţia, dar atunci intervenţia instrumentului de observare interzice, pînă la un anumit punct, cunoaşterea vitezei; în cazul contrar, atunci cînd se măsoară viteza, cunoaşterea poziţiei devine imposibilă, astfel încît pentru produsul ambelor imprecizii este dată o limită inferioară prin constanta lui Planck. Această formulare arată, în orice caz, raţiunea pentru care cu conceptele mecanicii newtoniene nu mai putem ajunge prea departe ; căci pentru a calcula des-făşurarea unui proces mecanic ne este necesară tocmai cunoaşterea simultană a poziţiei şi vitezei la un moment dat, dar tocmai acest lucru devine imposibil, aşa cum arată teoria cuantică.

O altă formulare aparţine lui Niels Bohr, care a introdus conceptul de „complementaritate". Prin acesta el înţelege că diferitele imagini intuitive cu ajutorul cărora noi descriem sistemele atomare, deşi se aplică la anumite experimente, se exclud însă reciproc. Astfel este posibil, de

exemplu, să se descrie atomul lui Bohr ca un mic sistem planetar : în centru, un nucleu ; în exterior, electronii, care gravitează în jurul său. Pentru alte experimente ar fi util să se reprezinte nucleul înconjurat de un sistem de unde statice, unde frecvenţa undelor este decisivă pentru radiaţia atomului. In fine, atomul poate fi considerat ca un obiect al chimiei ; sîntem în măsură să calculăm reacţia sa termică atunci cînd el se uneşte cu alţi atomi, dar nu putem urmări simultan mişcarea electronilor. Aceste imagini diferite sînt corecte cu condiţia ca ele să fie aplicate corect; dar ele se contrazic reciproc, şi de aceea ele sînt desemnate complementare. Indeterminarea care apasă asupra fiecăreia dintre aceste imagini şi care este formulată prin relaţiile de indeterminare este suficientă pentru a se evita contradicţiile logice dintre diferitele imagini.

Este clar din aceste interpretări, fără a intra în detaliile matematice ale teoriei cuantice, că cunoaşterea incompletă a unui sistem trebuie să reprezinte o parte esenţială a oricărei formulări a teoriei cuantice. Legile mecanicii cuantice trebuie să posede un caracter statistic. Iată un exemplu : ştim că un atom de radiu poate emite raze a ; teoria cuantică este în stare să indice cu ce probabilitate pe unitate de timp o particulă a părăseşte nucleul, dar ea nu poate prevedea momentul precis al acestui eveniment, care este principial nedeterminat. Nu se poate face supoziţia că, în viitor, se vor descoperi noi legi care ne vor permite să determinăm precis acest moment ; -căci, dacă s-ar întîmpla astfel, nu s-ar mai putea înţelege raţiunea pentru care se consideră încă particula a ca o undă care părăseşte nucleul ; or, experimentul întemeiază această ultimă constatare.

Diferitele experimente, care dovedesc atît caracterul ondulatoriu cît şi pe cel corpuscular al materiei atomice, ne obligă, prin natura lor paradoxală, la formularea legităţilor statistice. Acest element statistic nu joacă, în general, nici un rol în procesele la scară ma^e, căci în acest domeniu probabilitatea legilor statistice este atît de înaltă încît aceste procese pot fi considerate, practic, ca determinate.

Este adevărat că există întotdeauna cazuri în care procesele la scară mare depind de comportamentul unui singur sau al cîtorva atomi rari ; atunci nu se poate prevedea comportarea la scară mare decît sta-tistic. Aş dori să explic aceasta pe baza unui exemplu cunoscut, deşi extrem de neîmbucurător, şi anume acela al bombei atomice.
In cazul unei bombe obişnuite, din greutatea materiei expresive şi din compoziţia sa chimică se poate calcula dinainte puterea exploziei. Pentru bomba atomică se pot da o limită superioară şi una inferioară pentru tăria exploziei, însă o calculare anterioară exactă a acestei forţe este principial imposibilă, întrucît ea depinde de comportarea unui singur atom sau a unui număr mic de atomi în procesul exploziei.
In mod asemănător, există probabil procese analoge şi în biologie — după cum a arătat îndeosebi Jordan — în care fenomenele la scară mare pot fi guvernate de procese ce se desfăşoară la nivelul atomilor individuali ; în special acesta pare a fi cazul cu mutaţia genelor în procesele ereditare. Aceste două exemple au fost alese pentru a explica consecinţele practice ale caracterului statistic al teoriei cuantice. Dezvoltarea acesteia este determinată de peste două decenii, şi nu se poate accepta că aici ar mai putea interveni în viitor vreo modificare fundamentală.
Cu toate acestea, în ultimii ani a apărut în cadrul problematic al cauzalităţii un nou punct de vedere; aşa cum am spus chiar de la început, acest punct de vedere provine din cea mai nouă dezvoltare a fizicii atomice. Problemele care stau astăzi în centrul interesului fizicii atomice sînt rezultate logice ale progresului acestei ştiinţe în decursul ultimilor 200 de ani, de aceea trebuie să revin, pe scurt, la istoria noii fizici atomice.
La începutul epocii moderne, conceptul de atom era legat de acela de element chimic. O substanţă era caracterizată prin aceea că ea nu mai putea fi divizată chimic mai departe. Fiecărui element îi aparţinea, de aceea, un gen determinat de atomi. O parte a elementului carbon constă din atomi de carbon, o parte a elementului fier, din atomi

de fier. Era, aşadar, obligatoriu să se admită exact atît de multe genuri de atomi cîte elemente chimice există. întrucît se cunoşteau 92 de elemente chimice diferite, a trebuit să se admită şi 92 de genuri de atonii. O asemenea reprezentare este însă, din punctul de vedere al presupoziţiilor de bază ale teoriei atomului, extrem de nesatisfăcătoare. Iniţial atomii trebuiau să explice prin dispoziţia si mişcarea lor calităţile substanţei. O asemenea idee are numai atunci o valoare explicativă reală cînd se concepe că toţi atomii sînt egali sau că există un număr foarte mic de - genuri de atomi, aşadar, cînd atomul nu conţine el însuşi calităţi. Dacă sîntem însă obligaţi să admitem 92 de atomi calitativ deosebiţi, nu am obţinut prin aceasta prea mult în raport cu afirmaţia că există lucruri calitativ deosebite.

Acceptarea a 92 de părticele extrem de mici fundamental diferite a fost considerată n^co- respunzătoare de multă vreme, şi s-a bănuit că va trebui să fie posibil să se ajungă de la aceste 92 tipuri de atomi la un număr mai mic de părţi componente elementare. La început s-a încercat ca înşişi atomii chimici să fie concepuţi ca alcătuiţi dintr-un număr redus de elemente de bază. Cele mai vechi încercări de a transforma o substanţă chimică în alta au plecat întotdeauna de la presupoziţia că, în cele din urmă, materia, în ciuda aparenţelor, este omogenă. De fapt, în ultimii 50 de ani s-a constatat că atomii chimici sînt compuşi, şi anume numai din trei elemente fundamentale, pe care le numim protoni, electroni, neutroni.

Nucleul atomului se compune din protoni şi neutroni, iar în jurul acestui nucleu gravitează un număr de electroni. Astfel, nucleul atomului de carbon este alcătuit din şase protoni şi şase neutroni şi este înconjurat, la o distanţă relativ mare, de şase electroni. In locul celor 92 de genuri diferite de atomi au apărut, prin dezvoltarea fizicii nucleare în deceniul al patrulea, numai trei genuri de particule elementare.

Astfel, teoria atomului a luat acel drum care i-a fost trasat prin supoziţiile ei fundamentale. După ce compoziţia oricăror elemente chimice a fost explicată pe baza a trei

particule fundamentale, trebuia să fie posibil şi ca elementele chimice să fie transformate practic unul în altul. După cum se ştie, descoperirea fizică este mai tîrziu urmată de realizarea tehnică. După descoperirea dezintegrării uraniului de către Otto Hahn, în 1938, şi după dezvoltarea tehnică legată de aceasta, transmutaţia elementelor a devenit realizabilă la scară marc.
In ultimele două decenii însă, imaginea s-a răvăşit oarecum din nou. Pe lingă cele trei particule elementare numite — protonii, electronii şi neutronii — s-au descoperit încă din deceniul al patrulea altele, iar în ultimii ani numărul acestor noi particule a crescut extrem de mult. Este vorba mereu de particule elementare care sînt, în opoziţie cu cele trei particule de bază, instabile, adică sînt capabile de existenţă numai o perioadă scurtă de timp. O varietate a acestor particule, mezonii, au o durată de viaţă aproximativ egală cu o milionime de secundă, altă varietate trăiesc numai o sutime din durata aceasta, un al treilea gen de particule, neîncărcate electric, trăiesc doar o sutime de bilion dintr-o secundă. In afară de această instabilitate, noile particule elementare se comportă însă perfect asemănător cu cele trei particule de bază stabile ale materiei.
La prima vedere pare că sîntem din nou obligaţi să admitem un număr mare de particule elementare calitativ deosebite, iar aceasta ar fi, în raport cu presupoziţiile fundamentale ale fizicii atomiste, extrem de nesatisfăcător. S-a constatat totuşi, prin experimentele ultimilor ani, că prin ciocniri particulele elementare se pot transforma unele în altele cu mari deplasări de energie. Cînd se ciocnesc două particule elementare avînd o mare energie cinetică, din aceasta se nasc particule elementare noi, particule iniţiale, şi energia lor se transformă într^o materie nouă. Această stare de lucruri poate fi cel mai simplu descrisă dacă se spune că toate particulele sînt alcătuite în esenţă din aceeaşi substanţă, că ele reprezintă numai diverse stări staţionare ale uneia şi aceleiaşi materii. In acest fel, chiar şi numărul 3 al particulelor de bază va fi încă o dată redus la numărul 1. Există numai o materie

omogenă, dar ea se poate manifesta în aceste stări staţionare discrete. Unele dintre aceste stări sînt stabile — protonul, neutronul şi electronul —, iar multe altele sînt nestabile.
Deşi pe baza rezultatelor experimentale ale anilor trecuţi nu ne mai putem îndoi că fizica atomică se va dezvolta în această direcţie, pînă acum nu s-a reuşit totuşi să se formuleze matematic legităţile care guvernează formarea particulelor elementare. Aceasta este tocmai problema la care lucrează în acest moment fizicienii atomişti, atît experimental, descoperind noi particule şi cercetîndu-le proprietăţile, cît şi teoretic, străduindu-se să stabilească legile raporturilor dintre proprietăţile particulelor materiale şi să le formuleze matematic.
In aceste încercări au apărut anumite dificultăţi referitoare la conceptul de timp, despre care am vorbit mai înainte. Cînd ne ocupăm de ciocnirile particulelor elementare cu cea mai înaltă energie, trebuie să ţinem seama de structura spaţio-temporală a teoriei speciale a relativităţii. In teoria cuantică a învelişului atomului, această structură spaţio-temporală nu juca un rol foarte important, deoarece aceşti electroni se mişcă relativ încet. Acum însă avem de-a face cu particule elementare a căror viteză se apropie de viteza luminii ; comportarea lor nu poate fi deci descrisă decît cu ajutorul teoriei relativităţii. Einstein a descoperit acum 50 de ani că structura spaţiului şi a timpului nu este atît de simplă pe cît ne-o reprezentăm noi în viaţa cotidiană. Dacă desemnăm ca trecute toate acele evenimente despre care noi, cel puţin în principiu, am putea afla ceva şi ca viitoare toate evenimentele asupra cărora, cel puţin în principiu, am mai putea acţiona, atunci corespunde reprezentărilor noastre naive să credem că între aceste două grupe de evenimente se află numai un moment infinit de mic, pe care l-am putea numi punctul temporal al prezentului. Această reprezentare a fast pusă şi de Newton la baza mecanicii sale.
De la descoperirea lui Einstein, din 1905, ştim însă că între ceea ce am numit mai sus viitor şi prezent se află un interval temporal finit, a cărui întindere în timp depinde de

distanţa spaţială care separă evenimentele de observator. Domeniul prezentului nu mai este astfel res- trîns la un moment al timpului infinit de scurt. Teoria relativităţii acceptă că în principiu acţiunile nu se pot propaga mai repede decît lumina. Tocmai această trăsătură a teoriei rela-tivităţii a dus, în conexiune cu relaţiile de nedeterminare ale teoriei cuantice, la dificultăţi. După teoria relativităţii, acţiunile se pot propaga numai în interiorul domeniului spaţio- temporal strict delimitat de aşa-numitul con de lumină, adică de acele puncte ale spaţiului-timp care pot fi atinse de unda de lumină care pleacă dintr-un centru de acţiune. Acest domeniu spa- ţio-temporal este, şi aceasta trebuie accentuat în mod deosebit, strict delimitat. Pe de altă parte, în teoria cuantică s-a dovedit că o stabilire strictă a poziţiei, şi astfel şi o delimitare spaţială precisă, are drept consecinţă o indeter- minare infinită a vitezei şi cu aceasta a impulsului şi a energiei. Această situaţie ne arată practic că, în încercarea de a formula matematic acţiunile reciproce ale particulelor elementare, apar întotdeauna unele valori infinite ale energiei şi impulsului care împiedică o formulare matematică satisfăcătoare.

Aceste dificultăţi au constituit în ultimii ani obiectul multor cercetări. Nu s-a reuşit însă să se ajungă la o soluţie pe deplin satisfăcătoare. Singurul ajutor pare a fi, deocamdată, ipoteza că în domenii spaţio-temporale extrem de mici, deci de scara de mărime a particulelor elementare, spaţiul, timpul au o imprecizie specială, astfel încît în asemenea mici intervale temporale conceptele înseşi de mai devreme sau mai tîrziu nu mai pot fi definite. La scară mare, natural, nu se va putea schimba nimic din structura spaţio-temporală, dar va trebui să luăm în considerare posibilitatea ca experimentele asupra proceselor ce se desfăşoară în domenii spaţio-temporale extrem de mici să ne poată arăta că unele dintre aceste procese se desfăşoară aparent în sensul invers aceluia care co respunde ordinii lor cauzale.

In acest fel, cele mai noi dezvoltări ale fizicii atomice se află din nou într-o conexiune nemijlocită cu legea

cauzalităţii. Deocamdată nu este posibil să se spună dacă vor apărea încă o dată noi paradoxe, noi abateri de la legea cauzală. S-ar putea ca încercarea de a se formula matematic legile particulelor elementare să producă noi posibilităţi pentru a se depăşi dificultăţile amintite. Dar se poate afirma fără nici o îndoială încă de acum că dezvoltările noi ale fizicii atomice vor ridica noi probleme filozofice. Răspunsul definitiv la toate întrebările formulate mai sus va putea fi dat numai după ce se va reuşi să se formuleze matematic legile naturii din domeniul particulelor elementare, numai atunci cînd vom şti, de exemplu, de ce protonul este exact de 1 836 de ori mai greu decît electronul.

Din acestea se poate înţelege că fizica atomică s-a îndepărtat din ce în ce mai mult de reprezentările determinismului. Mai întîi, încă de la începutul teoriei atomului prin aceea că legile determinante pentru procesele la scară mare au fost concepute ca legi statistice. Pe atunci, principial, determinismul a fost păstrat, dar practic se lua în considerare caracterul incomplet al cunoaşterii noastre asupra sistemelor fizice. După aceea, în prima jumătate a secolului nostru, prin aceea că s-a recunoscut ca o parte componentă principială a teoriei caracterul incomplet al cunoaşterii sistemelor fizice. In fine, în ultimii ani, prin aceea că pentru domeniile spaţio-temporale infinitezimale conceptul de ordine temporală pare că a devenit problematic, deşi nu am putea spune acum în ce fel se vor rezolva aceste enigme.

DISCURS FESTIV LA A 800-A ANIVERSARE A ORAŞULUI MUNCHEN (1958)

Sărbătorim astăzi a 800-a aniversare a existenţei oraşului Miinchen. După părerea mea, este păcat că felicitările în această adunare sărbătorească le exprimă un om de ştiinţă. Căci atunci cînd se pronunţă numele Munchenului cine se gîndeşte la prozaismul ştiinţelor naturii? La acest nume ni se trezesc în minte alte imagini : Ludwigstrasse de la Siegestor pînă la Feldherrnhalle scăldată în lumina soarelui, vederea de la Monopteros pînă la Frauenkirche pe deasupra pajiştilor pline de flori din Engli- scher Garten,

Nunta lui Figaro în Residenz- theater, picturile lui Durer de la Pinacotecă, trenul plin de schiori spre Schliersee şi Bayrischzell, în fine hala cu bere de pe pajişti la Oktoberfest, încoronată cu leii bavarezi. Acestea toate sînt Munchenul. Ce au însă ele de-a face cu ştiinţele naturii ?
Aici însă o altă idee se impune cu hotărîre. 800 de ani nu este o vîrstă pentru un oraş, şi Munchenul, în special, este un oraş tînăr. Unii consideră că el ar fi fost întemeiat cu aproximativ 100 de ani în urmă, în orice caz ca oraşul însorit al artelor, atît de iubit de toţi. La ziua de naştere a unui sărbătorit atît de tînăr se cuvine să ne gîndim în primul rînd la prezent şi viitor şi numai în al doilea rînd la trecut; deci mai întîi la imaginea pe care ne-o oferă astăzi oraşul, la speranţele şi dorinţele cu care însoţim drumul lui viitor. Prezentul şi viitorul însă, aşa se spune în general, sînt determinate prin ştiinţele naturii şi tehnică. In aceasta s-ar putea să fie ceva adevărat ; dacă azi Miinchenul este un oraş de 1 000 000 de locuitori, in care circulaţia vîjîie pe străzi ca un torent cumplit, aceasta este fără îndoială consecinţa sîrguinţei tehnice a locuitorilor lui. Să încercăm mai întîi să uităm pentru scurt timp imaginea îndrăgită a trecutului şi să privim oraşul aşa cum se prezintă el astăzi. Dacă ne apropiem de oraş din nord — să ne gîndim la acele zile clare cu fohn, care aduc munţii mai aproape de oraş —, atunci pe fundalul acesta atît de cunoscut, pe lîngă vechile simboluri, în silueta oraşului apar noi forme : clădiri administrative înalte, care subliniază caracterul de capitală al Miinchenu- lui, blocuri de locuinţe moderne ce se Înalţă ca nişte turnuri spre cer, construcţii industriale în stil mare, stînd mărturie pentru bunăstarea şi strădania celor care activează în ele. Chiar şi această primă imagine îi prezintă celui care cunoştea vechiul oraş un nou Miinchen ; o metropolă şi un oraş industrial transformat de spiritul epocii noastre. In timp ce parcurgem pe autostradă ultimii kilometri ai cimpiei în-tinse care desparte Hiigellandul la Amper de oraş, vedem în stînga cupola de aluminiu a reactorului atomic de la Garching, construit de Universitatea tehnică şi intrat în acest an în funcţiune. Această construcţie exprimă într-o formă exterioară faptul

că aici se merge pe urmele timpului nostru, că aici se va cerceta şi se va studia într-unui dintre cele mai noi domenii ale ştiinţei. In oraş, unde şi cele mai serioase lucruri sînt luate sub aspectul lor vesel, această construcţie a primit de mult numele „Oul atomic". Acolo unde autostrada se varsă în suburbiile din nord, ia fiinţă, separată numai de Schwabinger Bach de primele grupuri de pomi din Englischer Garten, o altă construcţie modernă, care va servi, de asemenea, cercetării atomului şi care va fi integrată încă în toamna acestui an Institutului Max Planck pentru fizică şi astrofizică. Aici se vor studia teoretic şi experimental cele mai noi probleme ale fizicii nucleare şi ale astroficizii. Se va încerca acolo aprofundarea legilor naturii care domină proprietăţile şi comportarea celor mai mici particule materiale. Ceea ce se va obţine din studiul atomului va fi aplicat la înţelegerea proceselor cosmice ce se desfăşoară la suprafaţa aştrilor şi în spaţiul interastral. Aceste cercetări pur ştiinţifice vor constitui punctul de plecare al aplicărilor tehnice ulterioare, fiind vorba de reacţiile termonucleare, care vor juca poate odată un rol hotărîtor în producerea energiei. Dacă se va reuşi vreodată să se construiască pe această bază centrale electrice, acestea vor fi mult mai puţin periculoase decît uzinele atomice de pînă acum şi ele vor folosi un combustibil mult mai ieftin. Noile ramuri ale fizicii nucleare pot deveni astfel şi din punct de vedere economic foarte importante. Clădirea principală a noului institut este o modernă construcţie din oţel şi beton, asemănătoare multor clădiri administrative impozante din partea centrală a oraşului, ale căror geamuri largi lasă să pă-trundă întreaga lumină a soarelui. Dacă pornind de la institut ne lăsăm prinşi de fluxul circulaţiei şi pătrundem în centrul oraşului, vom întîlni în multe locuri aceste construcţii moderne, cum ar fi pe Oskar-von-Miller-Ring sau în Maxburg, sau în alte locuri ale inelului care înconjură centrul oraşului, iar faţadele lor de sticlă luminoase, largi, uneori poate întrucîtva cam severe, totuşi prietenoase, par a fi modelate de un spirit optimist. Ele par să spună că trăim într-un timp luminos,

sigur şi deschis şi că nimic, nici chiar un mic atac aerian nu s-ar mai putea produce.
In aceste construcţii e vizibilă şi o altă trăsătură a Miinchenului, care nu e specifică doar oraşului de azi, ci era manifestă întotdeauna pentru vechiul Miinchen : legătura valorilor economice cu cele artistice. Aceste construcţii sînt ridicate de arhitecţi care pot construi şi frumos. în faţa clădirilor vechi ne-am bucurat întotdeauna că ele nu ne plac în mod nemijlocit doar prin proporţiile lor interne, ca o operă de artă, ci că ele par a se integra în mediul lor, ca şi cînd nu ar putea să stea nicăieri în altă parte. Această armonie a vechiului oraş a fost distrusă în multe locuri de război ; însă şi noile construcţii se străduiesc să se includă în ambianţa oraşului, s-o întregească, astfel încît să se creeze, evident, un ritm al caracteristicilor străzii. Aceasta nu s-a realizat la fel de bine peste tot, dar gîndirea artistică ce s-a exprimat în drumurile largi ale regilor bavarezi, în Ludwigstrasse sau în Maximilian- strasse, se poate observa în multe locuri şi în Munchenul de astăzi.
O transformare radicală a adus totuşi epoca noastră, ca urmare a ştiinţelor naturii şi a tehnicii, pentru care deocamdată nu poate fi nimeni fericit; liniştea a dispărut cu totul de pe străzi. Prin multe dintre cele mai importante cartiere de circulaţie, maşinile răsună zi şi noapte. Clădirile dinspre centru au devenit practic imposibil de locuit. Din acest punct de vedere, oraşul nostru nu se prezintă mai bine decît alte oraşe mari. Dimpotrivă, bunăstarea relativ înaltă pe care extinderea industrială a Miinchenului a produs-o se răsfrînge prin nu-mărul de automobile în dezavantajul comodităţii de altădată. Dacă se încearcă în această privinţă să se prevadă ceva pentru viitor — şi va trebui să se vorbească despre viitorul oraşului nostru atît de tînăr —, ne putem gîndi la faptul că tehnica modernă, care a produs aceste dificultăţi realmente serioase, are la îndemînă — în perspectivă — şi mijloacele de redresare.
Ultimul război a accelerat doar o evoluţie care s-ar fi realizat chiar şi fără el: cartierele pro- priu-zise de locuit

sînt scoase în afară, în întinsele pajişti verzi, în pădurile împrejurimilor, în timp ce oraşul central va servi doar pentru comerţ, administraţie — în general pentru muncă. Dacă acest proces va continua, s-ar putea, ca urmare naturală, să se folosească maşinile numai pentru a ajunge de la periferie pînă la inelul central, această circulaţie concen- trîndu-se pe cîteva mari artere, la capătul cărora maşinile ar putea fi preluate de garaje gigantice ; partea centrală a oraşului ar trebui însă interzisă automobilelor, devenind accesibilă numai pietonilor, care să ajungă aici de la inelul central prin metrou. In unele oraşe mari, o asemenea evoluţie s-a produs deja ; evoluţia ulterioară a tehnicii s-ar putea astfel să nu micşoreze circulaţia în Miinchen, ci s-o dirijeze pe căi mai liniştite şi mai ordonate. Propunerile în acest sens nu sînt însă — din fericire — de competenţa unui cercetător al naturii, ci a acelora care planifică circulaţia, cărora Munchenul nu le pune azi o sarcină prea uşoară.

Dacă considerăm evoluţia din acest domeniu în anii ce au urmat războiului, avem impresia că aici s-a produs o creştere probabil prea rapidă, că expansiunea economică cu totul neobişnuită de după război a obligat în multe locuri la soluţii de urgenţă, care nu ar trebui să rămînă soluţii definitive. Aici intrăm în discutarea următoarei probleme : în ce măsură noul din imaginea oraşului, despre care s-a vorbit deja, trebuie să se conformeze doar propriilor lui legi şi în ce măsură el trebuie să reprezinte doar o prelungire naturală a trecutului, o continuare a tradiţiilor ? Este noul Miinchen, despre care am vorbit pînă acum, acelaşi oraş cu cel vechi ? Am putea constata mai întîi că noul Miinchen, cu extinderea comerţului şi a producţiei meşteşugăreşti, în multe locuri s-a legat natural, prin situaţia sa geografică, de vechile tradiţii, care au determinat configuraţia oraşului înainte ca regii cu simţ artistic ai oraşului să-şi fi pus pecetea lor deosebită. Faptul că de secole în Miinchen este familiar comerţul cu lemn este o consecinţă naturală a aşezării lui la poalele Alpilor. Producerea de bere a fost legată mereu de întinsele culturi de hamei din părţile din sudul Dunării ale Ober-

bayernuiui. Chiar şi meseriile artistice au fost timpuriu reprezentate în special prin giuvaer- gerie, turnarea bronzului, pictura pe sticlă : tipografiile şi tehnicile de reproducere jucau încă la începutul secolului al XlX-lea un rol important. Prima locomotivă a fost construită în 1841, iar descoperirile ştiinţifice şi progresele tehnice ale lui Fraunhofer şi mai tîrziu ale lui Steinheil au creat de peste 100 de ani bazele unei industrii optice. Lipsa de materii prime industriale a contribuit mult la faptul că dezvoltarea economică i-a dat oraşului Munchen o altă înfăţişare şi o altă evoluţie decît în marile centre economice ale regiunii Ruhrului. Această lipsă a condus pe de o parte la faptul că iniţial centrul de greutate a căzut pe comerţ, apoi pe industria prelucrătoare, iar pe de altă parte ea a produs de la început un alt climat economic. Tendinţa pură după cîştig a fost puţin caracteristică Miinchenului. Cîştigul servea dobîndirii unei bucurii de viaţă confortabilă, iar bogăţia, aşa cum se spune într-un document, apărea „pe străzi în veşminte burgheze". însemnătatea economică a industriei prelucrătoare a fost poate primul temei al interesului pe care l-a purtat oraşiul în secolul trecut dezvoltării ştiinţelor naturii.
A durat însă o perioadă de timp pînă cînd acest interes s-a impus realmente. Lucrările lui Fraunhofer, de exemplu, au rămas la început aproape neobservate. Dar cu venirea la Mun- chen a aşa-numiţilor „nordici", în special cu chemarea lui Justus von Liebig de către regele Maximilian al II-lea, s-a spart gheaţa. Numele şi influenţa lui Liebig au fost suficiente pentru a întemeia la Miinchen un centru importat al cercetării chimice, care a avut mulţi ani o influenţă foarte puternică asupra ştiinţei şi tehnicii. Sinteza indigoului, descoperită în 1883 de Adolph von Bayer, a reprezentat punctul de plecare pentru întreaga industrie germană a coloranţilor. După Adolph von Bayer, şcolile superioare miincheneze s-au distins printr-o serie de nume strălucite : Willstätter, Wieland, Hans Fischer şi mulţi alţii, martori ai vitalităţii spirituale a acestui centru. Prin aceasta ştiinţa a pătruns în Munchen ; şi este caracteristic pentru acea vreme faptul că avîntul ştiinţelor a fost de la

început într-o corelaţie nemijlocită cu progre sul economic, cu îmbunătăţirea condiţiilor de viaţă. Credinţa în progres, care ne apare nouă astăzi cam romantică, a cuprins viaţa spirituală a Miinchenului; sub influenţa structurilor spirituale noi, oraşul nostru a căpătat o culoare deosebită, care i-a rămas caracteristică.
Cea mai puternică şi permanentă expresie şi-a găsit-o acest gen munchenez specific al credinţei în progres în Muzeul German, opera vieţii unuia dintre cei mai puternici modelatori ai oraşului nostru, Oskar von Miller. Muzeul German îşi datorează apariţia unui ciudat amestec al unor tendinţe de un gen complet deosebit. Mai întîi el trebuia să trezească interesul pentru progresul tehnicii, iar această sarcină el şi-a îndeplinit-o în rîndurile tineretului cu un deosebit succes. Ce tînăr nu s-a jucat entuziasmat măcar o dată cu diferitele modele de maşini — nu întotdeauna spre bucuria paznicilor muzeului. După aceea muzeul intenţionează să ne facă inteligibil acest progres al tehnicii prin aceea că ne prezintă dezvoltarea istorică şi încurajează pe vizitatori să se ocupe ei înşişi cu aparatele sau chiar să încerce îmbunătăţirea lor. In fine, el s-a angrenat în contradicţia dintre om şi tehnică, devenită de-abia în timpul nostru pe deplin conştientă. Cînd a început extinderea maşinismu- lui, la mijlocul secolului al XlX-lea, iniţial le-a apărut numai unor oameni singulari, în special artiştilor, pictorilor şi poeţilor, ca o pătrundere a unor forţe periculoase, demonice în viaţa umană. Unii au aşteptat viitorul cu groază, alţii au încercat să întîmpine încrezători dezvoltarea viitoare, să-i cîştige aspecte din cele mai bune. Ne-am putea aminti în această privinţă de dialogul poetic dintre Gottfried Keller, în a cărui operă Heinrich cel Verde şi-a găsit o oglindire durabilă Munchenul din acel timp, şi romanticul şvab Justinus Kerner, care într-un poem plîngea amar distrugerea naturii prin tehnică. Keller i-a răspuns într-o formă similară, scriind despre maşinile cu abur :
Le văd cum pufăie strălucitor în focul oţelului, brăzdînd sclipitor sat şi oraş, şi-n sufletul omului se-aprinde dorul de-a înflori şi de-a cînta.

Şi dacă peste ani, o sută poate, din înălţimi de auroră ar fi să vie o navă cosmică cu vin grecesc şi poame cine cîrmaci n-ar vrea să-i fie ?
Dar numai cu un asemenea optimism nu se poate domina problema. Muzeul German încearcă, poate doar inconştient, să intervină în acest sens prin aceea că aduce în prim plan tocmai latura omenească a evoluţiei tehnicii. Tehnica — aventură spirituală a oamenilor : în acest punct se uneşte tehnica cu arta, şi, poate tocmai de aceea, acest răspuns sau această încercare de a da un răspuns corespunde spiritului oraşului artistic de pe Isar. Sarcina unirii artei cu tehnica, mai mult chiar decît a sintezei artei cu ştiinţa, a rămas mereu vie în tot timpul ultimilor o sută de ani. De aceea a şi existat un schimb spiritual activ între Şcoala tehnică superioară şi Academia de arte. Numeroase sarcini comune au apărut în special în domeniul arhitecturii, de exemplu în modelarea artistică a imaginii modificate de tehnică a oraşului. Se poate spune realmente cu o anumită îndreptăţire că oraşul Miinchen s-a străduit mai mult ca oricare alt oraş industrial al lumii să forţeze latura umană a tehnicii, acele aspecte prin care tehnica se întîlneşte cu arta. Astfel, un element al spiritualităţii acestui oraş l-a reprezentat şi seria de conferinţe asupra locului artei în era tehnicii desfăşurate cu cîţiva ani în urmă în Şcoala tehnică superioară şi urmărite o săptămînă întreagă de mai multe mii de tineri în amfiteatrele supraaglomerate.
Şi viaţa ştiinţifică din cadrul Universităţii Miinchen a fost de la început marcată de relaţia faţă de artă şi faţă de forţele care izvorăsc din inima omului. Viaţa academică se deosebea aici într-o manieră greu de descris de cea din alte universităţi germane. In momentul în care cea mai veche universitate bavareză a fost transplantată aici, în 1826, de la Ingolstadt a părut îndoielnic, la început, că ea ar putea rodi pe acest pămînt, iniţial străin ştiinţelor exacte. Şi chiar atunci cînd de rodnicia acestui transplant nu se mai putea îndoi nimeni, în special după chemarea de către Maximilian al IÎ-lea a „nordicilor", universitatea rămînea totuşi oarecum în umbra artei ; căci atunci cînd tinerii veneau să

studieze la Miinchen, ei erau atraşi în primul rînd de splendoarea şi deschiderea oraşului artelor, de Richard Wagner şi de regele,său romantic, ca şi de frumuseţea peisajului şi vecinătatea munţilor şi numai în al doilea rînd veneau pentru ştiinţele exacte. Insă viaţa ştiinţifică a Miinchenului a primit puternice impulsuri din această vecinătate a artelor, din această vitalitate a spiritului miinchenez. Ne-am putea aminti doar de numele lui Schelling, Thiersch, Riehl, iar în vremea de mai tîr- ziu de acelea ale istoricului de artă Wolfflin, romanistului Vossler. La fel de vizibilă este corelaţia cu ştiinţele istorice, care au fost reprezentate în Universitatea Miinchen de o serie de savanţi de mare valoare. Numai cîteva nume : Sybel, Heigel, Riezler şi Oncken. înşişi oamenii de ştiinţă şi medicii aduşi la Miinchen de Maxi- milian al II-lea, fost student la Gottingen, au putut să desfăşoare mai tîrziu o largă activitate academică, căreia i-a fost propice atmosfera vie a oraşului. Despre Justus von Liebig, care a făcut din Miinchen un centru al cercetării chimice, a fost deja vorba. Fizicienii Ohm şi Stein- heil au întemeiat o tradiţie ştiinţifică, întărită apoi de savanţi de renume mondial, cum au fost Roentgen, Planck, Boltzmann, Wien, Sommer- feld. în medicină Miinchenul ocupa decenii la rînd un loc de primă importanţă. Două minţi strălucitoare ale vremii de mai tîrziu au devenit cunoscute dincolo de graniţele disciplinei : internistul Friedrich von Miiller şi chirurgul plin de temperament Sauerbruch. Cu aceasta aş dori să închei lista numelor strălucite, care ar putea fi mult continuată. Dacă alte universităţi au devenit renumite ca centre ale unei solide cercetări de strictă specialitate sau ca puncte de plecare ale unor linii noi în evoluţia cercetării, ştiinţa s-a distins în Miinchen în primul rînd prin vivacitatea şi caracterul ei nemijlocit uman, care a rodit uimitor de bine pe terenul unei mentalităţi foarte conservatoare, înrădăcinate în catolicismul populaţiei autohtone. Bucuria meditativă a bisericilor baroce - bavareze îşi afla — pentru a spune astfel — contrapartea laică în bucuria, s-ar putea zice chiar limpezimea muncii ştiinţifice din şcolile superioare, ambele depinzînd într-un

fel oarecare de lumina care inundă în zilele cu soare cîmpiile şi lanţurile de munţi ale Bavariei de sud. Această uniune cu Landul şi cu munţii acţiona pînă şi asupra vieţii din institute şi seminarii. De exemplu, atunci cînd profesorul meu Sommerfeld a plecat cu cîţiva dintre fizicienii săi tineri la cabana de ski din Sudelfeld a institutului, pentru a îmbina acolo skiul cu discuţiile ştiinţifice, sau atunci cînd camera superioară a turnului impozant al Institutului de fizică a fost declarată cu ocazia unui fasching cabană de ski şi s-a impus alpiniştilor să ajungă la ea numai prin exteriorul clădirii. Deoarece a venit vorba despre fasching şi ski : vieţii din Universitatea Miinchen nu i-a fost caracteristică separarea de viaţa generală, ci s-a căutat unitatea cu această societate. La tineri se poate realiza aceasta în primul rînd prin ski şi faschinguri, iar în cazul celor mai în vîrstă diferite cercuri şi societăţi au grijă, iară multe forme exterioare, ca legătura dintre viaţa ştiinţifică şi artistică a oraşului şi aceia care poartă răspunderea faţă de soarta lui să rămînă cît mai strînsă posibil.

Aici trebuie să ne gîndim la un element al vieţii oraşului nostru, care a atras într-o măsură deosebit de mare interesul vizitatorilor lui. Acea parte a oraşului atît de discutată — Schwabingul — care se întinde la sud pînă la Academia de arte şi universităţi, iar în nord pînă la unităţile industriale din Freimann, este considerată patria artiştilor, a literaţilor şi utopiştilor. Peste tot se pot urmări -încă influenţele acestei vieţi artistice, pe care o cunoaştem din Heinrich cel Verde de Gottfried Keller, ale protestelor contra filistinismului, ale poeţilor şi ale cercurilor lor : Ibsen, Wedeking, Ştefan George, ale îndrăznelii înnoitorilor picturii: Kandinsky, Franz Marc şi Macke ; această activitate nu a supravieţuit însă decît parţial distrugerilor celui de-al doilea război mondial. Uneori ferestrele atelierelor de la mansarda vechilor locuinţe de închiriat trădează şi azi faptul că în Schwabing se mai pictează, dar în noile blocuri moderne de locuit atelierele au devenit extrem de rare. Se mai încearcă în unele mici restaurante, vechi şi noi, să se continue tradiţia vechilor bodegi artistice

şi să adune ceea ce a mai rămas aici din boemă. Dar adesea nu se reuşeşte, iar de multe ori se strecoară în atmosfera Schwabingului şi cîte un condamnabil foc din Broadway-ul newyorkez. In ciuda acestora, Schwabingul va juca un rol hotărîtor şi în Miinchenul viitorului, despre care azi trebuie să vorbim în primul rînd ; căci cl întruchipează o componentă a vieţii spirituale a oraşului fără de care Munchenul nu ar mai putea fi oraşul atît de iubit. El întruchipează, la fel ca şi în secolul trecut, spiritul de toleranţă. Meşteşugarii sau funcţionarii de administraţie din Schwabing care închiriau locuinţele lor pictorilor sau literaţilor ştiau foarte bine ceea ce doreau. Ei erau oameni care stăteau cu ambele picioare solid pe pămîntul lor miinchenez şi nu aveau o prea mare simpatie pentru nou. Dar dintr-un amestec de curiozitate, mirare, dispreţ şi un cuantum considerabil de prietenie naturală permiteau şi o existenţă de alt gen. Ei nu luau nioul prea în serios, adesea mai cădea şi un cuvînt grosolan, dar care nici el nu era serios înţeles, dar ei îi ofereau noului spaţiul de care acesta avea nevoie. Astfel au putut trăi în Schwabing nu numai artiştii, ci şi fanaticii şi utopiştii. Aceştia erau ironizaţi, dar adesea cu un rîs prietenos, nepericulos. Cînd în Schwabing se spunea despre un om ,,aiurează", aceasta nu însemna o respingere. Se spunea cu prietenie, iar a fantaza era într-o anumită măsură o formă de viaţă recunoscută în Schwabing. Şi în Schwabingul de astăzi este viu acest spirit de toleranţă. El se răsfrînge asupra universităţilor şi Academiei de arte, for- mînd o contrapondere la atitudinea fundamentală conservatoare a vechiului Munchen.
Aşa cum mobilitatea spirituală şi simţul pentru tot ceea ce reprezintă noul al artiştilor din Schwabing au inspirat şi îmbogăţit viaţa universitară şi a întregului oraş, tot astfel această reciprocă toleranţă a Schwabingului a determinat caracterul conciliant al întregului oraş, cre- îndu-se astfel condiţiile unei colaborări armonioase a tuturor forţelor. Desigur, Schwabing- ul era mai mult decît vioi şi tolerant. Aceluia care a trăit acolo la Începutul deceniului al treilea i-a rămas, desigur, în minte ca locul exuberantului entuziasm tineresc şi al bucuriei de viaţă, pătruns de

poezie şi muzică, purtat de tăria unor oameni neobişnuiţi, care puteau şi aici să vrăjească tineretul. Dar asemenea ani sînt vremi de sărbătoare, care nu pot să dureze. Ceea ce am putea să sperăm este ca şi în viitor Schwabingul să rămînă fidel cutezanţei spirituale, deschis noului, fără a-l lua prea sever, deschis artei şi poeziei, fără prea mare solemnitate, să se poată transforma mereu, dar să-şi păstreze mereu libera cugetare şi toleranţa.

Turul Munchenului actual, al oraşului modern, cu care am început, ne-a condus pe nesimţite şi în trecut. Nu în toate cele opt secole, ale căror imagini ni le-a prezentat ieri seară acel cortegiu festiv, ci în timpul ale cărui urme le descoperim încă la fiecare pas în Munchenul de astăzi, acel trecut relativ tînăr, al cărui spirit se mai amestecă încă cu acela al epocii noastre, pentru a da naştere tocmai acestei imagini a oraşului care ne este atît de familiară.

Ce reprezintă de fapt esenţa acestui oraş ? Desigur, fundamentul acestei fiinţe extrem de diverse îl reprezintă mereu spiritul catolic conservativ al acestei populaţii autohtone, în ciuda prezenţei atîtor germani din alte regiuni ale fostului Reich care şi-au găsit aici adăpost şi lucru. Acest neam solid, sănătos al vechii Bavarii, care a modelat singur multe secole de-a rîndul acest oraş, îi determină şi astăzi caracterul său de bază. Iar atunci cînd acei vizitatori novici ai săi cred că bavarezul reprezintă sinteza amabilităţii prusianului cu exactitatea şi punctualitatea austriacului, atunci n-am putea să-i dorim acestui neam altceva decît ceea ce este el. In el vibrează simţul pentru tot ceea ce 'Mo muzical. Aceasta o dovedesc meseriilo arii.ticc răspîndite peste întregul Obcrb ivern, muzica populară, orgile bisericilor ; bucuria pentru lumină, pentru splendoarea exterioară, pentru care ne sînt martori atîtea splendide biserici în stil baroc. Plăcerea pentru frumos include şi pe aceea pentru teatru, pentru jocuri şi sărbători; fastul culorilor unui cortegiu vî- nătoresc dintr-un sat de munte poate părea o pregătire pentru marile şi bogatele serbări din capitală. Ludwig al II-lea, care în nopţile de iarnă trecea în trăsuri fastuoase iluminate de făclii prin satele din Oberbayern, era regele ţăranilor.

Castelele lui erau castele din basme, şi tocmai de aceea şi-a iubit regele său acest popor admirator de basme. Asprimea a contribuit însă pe de altă parte ca vechiul să se modifice nu prea mult, ca nimic fals să nu se poată strecura aici. Bavarezul insistă asupra vechiului său drept, dar cînd acesta pare a fi asigurat el este foarte repede pregătit pentru conciliere. Divergenţele de opinie, atunci cînd realmente se ivesc, sînt mai degrabă decise cu o bere decît cu cuţitul. In viaţa oraşului, plăcerea pentru distracţia zgomotoasă, pentru veselia grosolană şi-a găsit locul în acel Oktoberfest, care se desfăşoară anual în septembrie. Şi în viitorul Miinchen această serbare, ca şi faschingul vor reprezenta — pentru multă vreme — momente stricte ale scurgerii anului.

Tendinţa spre conservarea vechilor valori determină în cele din urmă şi viaţa politică a oraşului nostru, chiar dacă nu întotdeauna lucrul acesta este vizibil; chiar şi atunci cînd adunările, care se ţin cu predilecţie, natural, în berăriile miincheneze, devin punctul de plecare al unor izbucniri temperamentale. Miinchenul este un oraş în mişcare, aceasta este cea mai importantă şi cea mai bună însuşire a sa. Dar — şi oraşelor li se intîmplă adesea ceea ce se întîmplă şi oamenilor — calităţile sînt în acelaşi timp slăbiciunile şi viciile lor. Dintr-un oraş în mişcare s-a născut odată un „oraş al mişcării". Dar cine ar dori să vorbească la aniversarea naşterii cuiva tocmai despre slăbiciunile lui ! Trecutul ne poate preveni să ne gîndim la faptul că chiar un oraş înfloritor ar putea fi foarte rapid distrus prin iraţiunea politică. Dar pericolele vin astăzi din părţi extrem de îndepărtate ale globului, nu din Miinchen. Să nu fim deci prea îngrijoraţi astăzi pentru viitorul Miinchenului. Şi în Munchenul viitor vor exista forţe puternice, care vor putea păstra trecutul valoros, acolo unde acesta se poate conserva.

Pe aceste baze ale unui caracter conservativ se aşază acum acel strat al mobilităţii spirituale, al cărei reprezentant este considerat de obicei Schwabingul. Această mobilitate spirituală provine într-o măsură considerabilă din nord. Acei „nordici" chemaţi de Ludwig I şi Maximilian al II-lea

au influenţat realmente într-o mare măsură viaţa spirituală a oraşului, şi chiar pînă de curînd, adesea, „călătorii" germani din alte provincii sau chiar străinii au fost aceia care au incitat viaţa culturală a Miinchenului. Acest fapt este la fel de valabil pentru artă ca şi pentru ştiinţă. Trăsătura caracteristică pentru climatul spiritual al Miinchenului constă însă în aceea că cele două straturi s-au unit unul cu altul. Interesele intelectuale noi, care s-^au infiltrat în Miinchen din nord sau din regiuni mai îndepărtate ale Europei, au găsit aici un teren rodnic, s-au putut extinde şi desfăşura într-o manieră aproape neaşteptată. Iar bavarezii care trăiesc aici au găsit noul, pe care în primul moment l-au negat ca străin, totuşi atît de interesant şi seducător încît au apărut mai tîrziu importante talente autohtone, care le-au echivalat pe acelea ale „nordicilor" şi au întreprins împreună cu acestea aventura pătrunderii în domenii spirituale noi. Astfel, rusul Kandinsky a descoperit în Miinchen noi posibilităţi ale picturii, dar încă Fi anz Marc — născut în Miinchen — colaborase la noua direcţie a artei şi a dus-o mai departe. Această legătură a ambelor straturi, conservatorismul bavarez cu dinamismul captivant al Schwabingului, care a produs atît de multe în Miinchen, nu a fost posibilă decît prin aceea că purtătorii noului s-au contopit cu stilul de viaţă bavarez. Ei şi-au adus mulţumirile pentru atitudinea profund tolerantă şi prietenească a Bavariei, la a cărei viaţă au încercat cu bucurie să ia parte în întregime şi fără reţineri. Astfel, din tolerarea reciprocă au crescut atenţia şi prietenia reciprocă, care au avut urmări atît de valoroase. Poate ceea ce s-a reuşit aici, în Miinchen, ar trebui să reprezinte un exemplu pentru ceea ce ar trebui să se realizeze în vremea noastră în domenii mult mai largi în Europa şi în lumea întreagă. Multe lucruri deosebite se nasc din încercarea de a trăi împreună cu intenţii bune, în ciuda deosebirilor care par la început atît de neconciliabile, şi, probabil, tocmai prin conlucrarea unor asemenea forţe diferite se poate produce ceva nou. Dar să revenim la Miinchen. Viaţa oamenilor de artă am cunoscut-o, pe cînd creşteam ca tînăr în Miinchen, numai într-un cerc restrîns.

Dar ca student al universităţii am putut lua parte la viaţa ştiinţifică, şi din acea vreme — începutul deceniului al treilea — mi-a rămas cel mai clar în minte cît de adînc se integra viaţa din universitate — şi aceea a profesorilor adesea veniţi din nor-d — în Munchenul propriu-zis prin contactul cu viaţa adevăraţilor miinchenezi. Aceşti profesori nu trăiau în turnul de fildeş, ei trăiau ca miinchenezi printre concetăţenii lor. De exemplu, pentru profesorul meu Sommerfeld, care, la fel cu pictorul Corinth, provenea din Prusia Orientală, devenise demult o obişnuinţă ca înaintea colocviilor de fizică să stea împreună cu fizicienii mai tineri sau mai în vîrstă în Hofgarten şi să bea cafea, la fel ca alţi miinchenezi. Acolo se discutau problemele matematice şi fizice care stăteau pe atunci în centrul interesului, iar adesea mesele de marmură — pe care se servea cafeaua — se acopereau de lungi formule matematice. Mi s-a povestit atunci că, odată, Sommerfeld a trebuit să-şi întrerupă calculul unei integrale complicate pe masa de marmură întrucît rămăseseră doar cîteva minute pînă la începerea colocviului de la universitate. Cînd, peste cîteva zile, Sommerfeld a băut din nou cafea cu elevii lui — întîmplător la aceeaşi masă — calculul său cu integrala mai era încă acolo, însă dedesubt era scrisă în cîteva rînduri soluţia. Intre timp îşi băuse la aceeaşi masă cafeaua un alt matema-tician al universităţii — cred că Herglotz trebuia să fie — care îşi petrecuse timpul rezolvînd acea integrală. In aceeaşi manieră ar trebui şi în viitor să se facă ştiinţa în Miinchen. Cînd, cu cîteva luni în urmă, a fost deschis reactorul atomic al Universităţii tehnice la Garching, nu s-au adunat doar demnitarii landului, ai oraşului şi ai universităţii. Dimpotrivă, a fost o sărbătoare populară, la care au participat în întregime locuitorii Garchingului şi la care s-au mîncat specialităţi bavareze, în prezenţa unei muzici cîntate de un grup în pantaloni de piele şi cu bărbi de capră neagră. Astfel va trebui să fie şi în viitor ; chiar dacă, în locul comerţului şi al meseriilor vechilor vremuri, a apărut cea mai modernă tehnică, uzinele atomice şi reactorii, şi chiar dacă — ceea ce nu sperăm — problemele

de circulaţie din Miinchen vor trebui rezolvate cu ajutorul rachetelor.
Ne-am putea teme că într-o viaţă culturală în care sociabilitatea veselă joacă un rol atît de important ar rămîne prea puţin spaţiu pentru munca spirituală propriu-zisă, pentru concentrarea superioară, necesară atît în artă cît şi în ştiinţă — pentru a produce ceva nou. Agitaţia timpului nostru nu se opreşte în faţa porţilor Miinchenului. Ea ameninţă aici, ca şi în toate celelalte mari oraşe ale lumii, liniştea şi singurătatea cabinetului de studiu, în care oamenii se luptă realmente cu problemele. Totuşi acela care cunoaşte exact viaţa spirituală a oraşului va şti nu numai din ceea ce s-a realizat că asemenea singurătate există, că aici adevărata linişte a muncii s-a găsit mereu. Adesea nu este însă singurătatea cabinetului de lucru, ci aceea a unui grup de pomi de pe dealurile de morene subalpine sau aceea a unui loc de baie la unul dintre lacuri. O singurătate în care trebuie să ne retragem dintre oameni, dar să ne păstrăm întregul contact cu natura şi cu secretele acesteia, cu toată frumuseţea ţării din jurul Miinchenului. De aceea, ştiinţa şi arta au păstrat întotdeauna în Miinchen un element de romantism, iar acesta ar trebui să rămînă şi în viitor. Chiar şi cea mai abstractă pictură a primit totuşi în Miinchen lumina şi culoarea pajiştilor şi a lacurilor acestei însorite ţări subalpine. La fel, Arnold Sommerfeld, care era atît de familiarizat cu stricteţea matematică a fizicii clasice, atunci cînd a dat peste raporturile noi şi încă neelucidate ale teoriei cuantice s-a emoţionat atît de mult de corelaţiile secrete de numere întregi din experienţele asupra liniilor spectrale încît expunerile sale aminteau de ex-clamaţiile imnice ale lui Kepler asupra armoniei sferelor. Chiar şi atunci cînd criticii săi îi reproşau o mistică a cifrelor şi fanatism, cînd despre el se spunea : „Sînteţi numere întregi, mergeţi la Sommerfeld", toate acestea nu-i puteau împiedica bucuria ; căci în Miinchen nu luăm niciodată lucrurile prea sever, deşi le luăm întotdeauna în serios, iar la sfîrşit Sommerfeld a avut mult mai multă dreptate decît criticii săi. Chiar şi biologia care se face aici cuprinde

mereu acest element romantic ; fie că e vorba despre simţul de orientare al albinelor, fie de modul de comportare şi psihologia animalelor superioare, de discuţiile cu raţele, gîştele şi cîinii care sînt trataţi în noul Institut Max Planck pentru fiziologia comportamentului de pe lacul Ess, între lacurile Starnberg şi Ammer.
Din asemenea interacţiuni ale vechiului cu noul, ale tradiţiei cu inovaţia cutezătoare s-a născut Munchenul, acest oraş care se află nu numai în inima Europei, ci care şi-a cucerit un loc şi în inima tuturor europenilor. Nu trebuie să ne fie teamă pentru viitorul lui acum, la a 800-a aniversare. Acest oraş, păstrător al tradiţiei şi credincios sieşi, va rămîne permanent deschis tuturor înnoirilor, el va culege mereu roadele acelei toleranţe care a reprezentat aici virtutea cea mai de seamă, şi chiar dacă noua sa imagine se va modifica mereu, dacă ştiinţele naturii şi tehnica îi vor modela viaţa, totuşi şi atunci, într-un alt mod, toate vor rămîne neschimbate. Căci se va potrivi şi Miinchenului viitor ceea ce, odinioară, Ştefan George scria poate un pic prea festiv despre Munchenul de altădată : Ziduri unde năluci mai cutează să bîntuie, Pămînturi încă nepătrunse de dubla otravă : Tu, oraş al neamului şi tinereţii ! Patria o simţim Abia acolo unde-s turnurile femeilor noastre.
LIMBAJ ŞI REALITATE ÎN FIZICA MODERNA
S-a considerat multă vreme că problema limbajului joacă în ştiinţele naturii doar un rol subordonat. Sarcina ştiinţelor naturii este aceea de a observa natura în diferitele ei domenii cît mai exact posibil şi, prin aceasta, de a-i înţelege acţiunea. Dificultăţile cu care se luptă, de exemplu, fizicianul sau chimistul fie că se datorează insuficienţei organelor sale de simţ sau a aparaturii cu care se realizează observaţia, fie că sînt determinate de caracterul deosebit de complicat al raporturilor din natură, a căror ordine nu o înţelegem de la început. Părea însă întotdeauna că s-ar putea vorbi uşor despre rezultate odată ce acestea au fost obţinute, ca şi cînd limbajul însuşi nu ar avea nevoie de o discuţie specială. Desigur, în evoluţia ştiinţelor s-a dovedit adesea util şi chiar necesar să se

introducă suplimentar în limbă cuvinte artificiale, cu ajutorul cărora se pot desemna mai uşor obiectele sau corelaţiile necunoscute pînă acum. Un limbaj întregit în acest fel părea în general suficient pentru a se descrie raporturile naturale descoperite.
Situaţia s-a modificat însă radical, în această privinţă, odată cu descoperirile experimentale ale deceniilor trecute din fizica modernă, a căror analiză teoretică s-a realizat prin teoria relativităţii şi teoria cuantică, descoperiri care au condus la revizuirea fundamentelor fizicii. Chiar şi discuţiile pasionate purtate asupra anumitor probleme principiale ale acestor teorii şi care pătrund adine în domeniul filozofiei dovedesc că modalitatea de a vorbi despre do-meniile nou cercetate ale naturii a devenit problematică. Lucrul acesta nu ar trebui să ne mire dacă ne gîndim la faptul că limba noastră naturală s-a format pe baza experienţei lumii perceptibile direct senzorial, pe cînd ştiinţele moderne ale naturii pătrund, cu ajutorul unei tehnici foarte evoluate, cu aparate extrem de fine şi complicate, în regiuni ale lumii inaccesibile simţurilor umane. Nu ne putem aştepta ca în aceste domenii noi să se menţină limba obişnuită, şi de aceea fizicianul modern este obligat să reflecteze în acelaşi timp asupra conexiunilor naturii pe care vrea să le înţeleagă şi asupra limbii în care va putea vorbi despre aceste conexiuni.
Această reflecţie asupra limbajului poate începe cu cîteva constatări simple, pe care ni le oferă mai uşor ştiinţele spiritului decît ştiinţele naturii. In copilărie noi învăţăm cuvintele nu prin aceea că ele ne sînt explicate, ci prin faptul că le folosim. Cuvintele reprezintă într-o anumită măsură instrumente pentru a ne adapta mediului, pentru a intra în contact cu el, şi care se pot dovedi, prin folosirea lor, mai mult sau mai puţin corespunzătoare. Dacă am auzit un cuvînt de un număr suficient de ori şi l-am folosit noi înşine, credem că ştim ce înţeles are. Desigur, în folosirea acestor instrumente lingvistice pot să apară mai tîrziu dificultăţi ; observăm, de exemplu, că un cuvînt nu se potriveşte exact sau că nu ştim ce anume înseamnă el într-un context special. De aceea îl considerăm ca fiind neclar sau

admitem că în decursul timpului el a avut mai multe semnificaţii diferite. Astfel, într-o excursie vorbim ■— pentru a lua un exemplu oarecare — despre un lac, pe cînd cel care ne întovărăşeşte crede că este vorba despre o baltă. Găsim că o cameră este caldă, pe cînd un altul, care tocmai intră în ea de pe o stradă bătută de soare, se bucură de răcoarea ei. în germană folosim cu- vîntul „entleihen" (a împrumuta, a da cu împrumut) şi vom constata, dacă învăţăm engleza, că, spre uimirea noastră, aici există două cuvinte diferite, şi anume „to borrow" şi ,,to lend", care desemnează acelaşi eveniment, o dată din partea celui care primeşte, altă dată a celui care oferă. Sau cuvintele „roşu" şi „verde" sînt folosite şi de daltonişti, deşi ei corelează aceşti termeni cu aceeaşi impresie senzorială. Numărul unor asemenea exemple poate fi înmulţit oricît. Aceste dificultăţi legate de folosirea limbii au fost observate încă de multă vreme, şi s-au întreprins încercări de înlăturare a lor. Ne-am putea gîndi la fixarea convenţională a unor graniţe precise pentru semnificaţia unui cuvînt, adică la formularea „definiţiilor" prin care sc precizează sensul cuvîntului. S-ar putea preciza, de asemenea, semnificaţia unui cuvînt prin adaosuri explicative, de exemplu prin descompunerea „condiţiei" în „condiţie necesară" şi „condiţie suficientă". Atunci cînd o parte aflata în luptă comunică alteia, care a suferit o în- frîngere, că va trata asupra armistiţiului numai după ce ultima va fi eliberat o anumită zonă, aceasta ar putea fi o condiţie „necesară1' sau „suficientă" pentru ducerea tratativelor. Ea este necesară dacă fără eliberarea zonei este sigur că nu se vor purta tratative. Ea este suficientă dacă după eliberare se va trata cu siguranţă. Trebuie să observăm însă că în toate aceste încercări de precizare a conceptelor este necesar, în cele din urmă, să se folosească con-cepte al căror sens este presupus ca fiind cunoscut şi oare trebuie deci acceptate fără o analiză. Astfel, arhitectonica limbii se întemeiază, în cele din urmă, pe un fundament nesigur.

Problema precizării mijloacelor noastre lingvistice de expresie a reprezentat o temă centrală încă în filozofia

greacă, începînd cu Socrate, a cărui viaţă întreagă a constituit — dacă ar fi să ne încredem în imaginea des-pre concepţiile sale pe care ne-a lăsat-o Platon în Dialogurile sale — o permanentă luptă pentru clarificarea conceptelor lingvistice şi a reprezentărilor purtate de acestea. Elevul lui Platon, Aristotel, a făcut un pas decisiv înainte cercetînd structura formală a limbajului, formele raţionamentului, independent de conţinutul enunţurilor, creînd prin aceasta prima logică ştiinţifică. El a ajuns astfel în analiza limbii la un grad de abstracţie şi precizie necunoscut pînă atunci în filozofia greacă, contribuind prin aceasta în cel mai înalt grad la edificarea unei ordini în metodele limbii şi ale gîndirii noastre. Dacă luăm în considerare faptul că în ştiinţă este necesar să se stabilească clar şi cu o mare exactitate conţinutul unei expresii sau al unui argument, atunci Aristotel a pus bazele limbajului ştiinţific.
Pe de altă parte, analiza logică a limbii antrenează şi pericolul unei prea mari simplificări şi unilateralităţi în judecarea posibilităţilor ei. Dacă logica creează condiţia unui limbaj ştiinţific în care se pune accent pe univocitatea şi precizia raţionamentelor, ea nu ne fundamentează însă o descriere adecvată a limbii vii, care dispune de mijloace de expresie mult mai bogate. Fiecare cuvînt pronunţat produce în mintea noastră nu doar o imagine determinată, care să ne fie perfect conştientă şi pe care s-o putem desemna ca semnificaţie a cuvîntului, ci odată cu acest cuvînt prin mintea noastră se scurg, pe jumătate clare, foarte multe asociaţii, semnificaţii secundare şi care, chiar dacă nu sînt observate, ar putea fi de o valoare esenţială pentru sensul frazei ascultate. In anumite împrejurări, această textură de reprezentări semiconştiente, care pot fi produse de limbaj, poate reda mai bine sensul a ceea ce trebuie spus decît un procedeu logic precis. Tocmai de aceea, poeţii îndeosebi au protestat adesea împotriva accentului excesiv pus pe structurile logice ale limbii şi au scos în evidenţă, pe bună dreptate, acele structuri nelogice care formează baza folosirii artistice a limbii. Aş putea cita aici un pasaj din Faust, care face parte din discuţia lui Mefistofeles cu discipolul său ;

Căci uite-aşa, în fabrica gîndirii, Merg lucrurile ca-n ţesătorie : O dată calci, dar mişti o mie
De fire, şi suveicile se duc, se-ntorc, Şi iţe cad, se-nalţă, se-ntretaie, O lovitură-n mii de alte părţi răspunde, taie
Aceasta este, cu siguranţă, o descriere corectă a limbii vii, iar atunci cînd, în ştiinţă, trebuie să facem din structurile logice ale limbii baza gîndirii noastre nu trebuie să pierdem din vedere celelalte posibilităţi ale ei, mai bogate. Putem acum să ne întrebăm pe ce se întemeiază faptul că în ştiinţele naturii trebuie să folosim cea mai înaltă precizie şi univocitate a vorbirii, pe cînd celelalte posibilităţi de expresie ale limbii nu pot fi folosite absolut deloc. Temeiul se află în sarcina pe care ne-o punem. In ştiinţă încercăm să recunoaştem o anumită ordine în varietatea infinită a fenomenelor lumii care ne înconjură, să înţelegem aceste fenomene diverse prin reducerea lor la unele principii simple. Trebuie să ne străduim să derivăm specialul din general, să înţelegem fenomenul singular ea o consecinţă a unei legi generale simple. Legile generale trebuie să conţină, atunci cînd sînt formulate lingvistic, doar un număr mic de concepte, altfel legea nu ar mai fi nici simplă, nici generală. Din aceste concepte va trebui dedusă multiplicitatea infinită a fenomenelor posibile, şi nu numai calitativ şi inexact, ci cu o mare exactitate cu privire la fiecare detaliu. Este evident că noţiunile limbii comune, imprecise şi numai vag definite, cum sînt ele, nu ar permite asemenea derivări. Dacă din ipotezele date trebuie derivat un lanţ de concluzii, atunci numărul verigilor posibile ale lanţului depinde de exactitatea ipotezelor. Ca urmare, în ştiinţele naturii, conceptele de bază din legile generale trebuie definite cu o precizie completă, iar aceasta este posibilă numai în cadrul unei logici exacte şi, în cele din urmă, numai cu ajutorul abstracţiei matematice. . In fizica teoretică, de aceea, întregim şi precizăm limba naturală prin aceea că punem în corespondenţă conceptelor de bază, care corespund domeniului de experienţă respectiv, anu-mite simboluri matematice ce pot fi raportate la fapte, adică la rezultatele măsurate ale observaţiilor. De 300 de ani, de cînd Isaac Newton şi-a scris opera sa renumită,

Philosophiae naturalis principia mathematica, această supli-mentare şi precizare a limbii obişnuite printr-o schemă matematică a devenit întotdeauna temelia unei ştiinţe exacte a naturii. Am putea desemna această schemă ca limbaj matematic artificial. Conceptele fundamentale şi simbolurile matematice care le sînt puse în corespondenţă sînt fixate printr-un sistem de definiţii şi axiome. Simbolurile sînt legate prin ecuaţiile matematice, care pot fi considerate ca expresii exacte ale aşa-numitelor legi ale naturii. Corectitudinea acestor ecuaţii şi aceea a legilor naturii exprimate de ele vor fi dovedite în cele din urmă prin aceea că din legile naturii se reuşeşte să se deriveze o varietate infinită de fenomene individuale, ca soluţii posibile ale ecuaţiilor. Astfel, de exemplu, momentul unei erlipse de Lună sau traiectoria unui satelit lansat în spaţiu pot fi prevăzute din condiţiile iniţiale cu o mare exactitate. După aceea s-a dovedit utilă preluarea în limba obişnuită a unor părţi ale acestui limbaj matematic prin aceea că s-au introdus nume pentru anumite simboluri matematice, cărora li se poate da într-o anumită măsură un conţinut intuitiv experienţial. Astfel au intrat în limba obişnuită, ca expresii de specialitate, concepte cum ar fi energie, impuls, entropie, cîmp electric. Dar nu părea necesar ceva mai mult decît o asemenea întregire. După ce s-a realizat această întregire, limba astfel extinsă părea absolut suficientă pentru descrierea şi înţelegerea proceselor naturii.

Abia începînd cu fizica modernă s-a realizat aici, într-un anumit sens, o mutaţie neliniştitoare. Odată cu pătrunderea în aceste domenii ale naturii, inaccesibile nemijlocit simţurilor noastre, a început şi limba noastră să nu mai corespundă în anumite locuri. Conceptele ei s-au dovedit parţial instrumente slabe, care nu mai pot fi folosite în noile domenii ale experienţei, unde nu mai corespund. Că aşa ceva se poate întîmpla s-a observat, în esenţă, deja de secole. In viaţa cotidiană, de exemplu, oricine ştie ce se înţelege prin conceptele „sus" şi „jos". Corpurile cad în jos, iar sus se află cerul albastru. Dar, după ce oamenii s-au convins că Pă- mîntul seamănă cu o

sferă, s-a observat că locuitorii Noii Zeelande stau evident în spaţiu invers decît noi, că văzuţi din perspectiva noastră ei atîrnă cu capul în jos. Desigur, s-au putut consola uşor, desemnînd prin „sus" direcţia de la centrul Pămîntului în afară, iar prin „jos", direcţia opusă, prin aceasta dificultăţile părînd depăşite. In vremea noastră însă pot fi lansate de pe Pămînt rachete în spaţiu, şi este, în principiu, posibil ca peste puţini ani şi oamenii să poată părăsi Pămîntul cu asemenea nave spaţiale pentru un timp mai mare sau mai mic. Se poate înţelege că pentru echipajul unei nave spaţiale conceptele „sus" şi „jos" nu mai pot avea absolut nici un sens. Dar este foarte greu de reprezentat intuitiv cu ce sentimente ne putem mişca şi putem vorbi despre o lume în care concepte cum ar fi „sus" şi „jos" nu mai există. Se înţelege de la sine că ar fi extrem de neplăcut să trăieşti într-o asemenea lume chiar şi numai pentru puţină vreme.

Se poate deci înţelege faptul că pătrunderea în noile domenii ale naturii a produs modificări în limbaj. A fost însă o mare şi uluitoare surpriză să se recunoască, în primele decenii ale secolului nostru, că în acel domeniu al na-turii în care oamenii au pătruns numai cu ajutorul mijloacelor tehnicii moderne chiar şi cele mai simple şi mai fundamentale concepte ale ştiinţei de pînă acum, cum sînt spaţiul, timpul, locul, viteza, au devenit problematice şi ca urmare vor trebui regîndite.

Problematica conceptului de timp, apărută în teoria relativităţii a lui Einstein, poate fi făcută intuitivă, din nou, prin exemplul unei nave spaţiale. Să admitem că o navă spaţială părăseşte Pămîntul cu o mare viteză şi călătoreşte în spaţiul cosmic şi să mai admitem că legăturile telegrafice ale navei cu Pămîntul pot fi menţinute o perioadă mare de timp. Pe navă trebuie să existe un ceas care este exact la fel construit şi este calibrat exact după procese fizice reproductibile ca şi ceasul corespunzător de pe Pămînt. După aceea, observatorul de pe Pămînt poate controla, pe baza comunicaţiilor de pe navă spaţială, dacă ceasul de pe navă merge exact şi el va constata că el merge ceva mai încet decît ceasul de pe Pămînt. Călătorul

spaţial, care are şi el posibilitatea, prin semnalele pe care le primeşte de pe Pămînt, să compare mersul ceasului său cu mersul celui de pe Pămînt, ajunge însă la concluzia inversă, că ceasul de pe Pămînt merge mai încet decît ceasul de la bordul navei spaţiale. După legile naturii care ne sînt cunoscute, nu ne putem îndoi de faptul că acestea nu ar fi realmente rezultate ale observaţiilor. Cum mai putem însă atunci să comparăm raţional, în general, timpul de pe Pămînt cu cel de pe nava spaţială ? Cînd vom putea numi „simultane" două evenimente care se produc unul pe Pămînt, iar celălalt la o mare distanţă de el, pe o navă spaţială ? Atunci cînd fixăm pe Pămînt momentul în care soseşte un semnal de la nava spaţială, momentul de pe navă, care va fi numit „simultan" cu acesta, trebuie în orice caz să se producă mai tîrziu decît momentul în care s-a transmis semnalul de pe navă. El va trebui, de asemenea, să fie mai devreme decît acel alt moment în care s-a transmis imediat un semnal de răspuns al navei. Dar unde trebuie să cadă în acest interval simultaneitatea nu se poate decide imediat. In problema de conţinut a redefinirii conceptului de timp, care şi-a găsit răspunsul în teoria relativităţii, nu putem intra acum. Pentru consideraţiile noastre este suficient să constatăm că în noul domeniu al experienţei cu- vîntul „simultan" şi-a pierdut mai întîi sensul, la fel cu noţiunile de „sus" şi „jos" în nava spaţială, deci că aici nu se mai pot aplica concepte lingvistice importante.

In această situaţie pare la prima vedere ciudat că fizicianul mai poate vorbi în general despre experimente şi le mai poate interpreta teoretic, întrucît concepte de bază ale limbii sale şi, prin aceasta, gîndirea sa şi-au pierdut valabilitatea. Din fericire, dificultăţile de aici sînt mai mici decît păreau, căci, pentru a ră- mîne la exemplul cu călătorul spaţial, fizicianul care se află pe Pămînt în relaţie cu nava — sau însuşi călătorul spaţial — nu are nevoie să ştie, pentru descrierea experimentelor sale, ce înseamnă „simultan" în raport cu sisteme atît de îndepărtate. Pentru fiecare dintre ei experimentele se desfăşoară în domeniul lor limitat, iar pentru descrierea acestor fenomene este

absolut suficientă limba obişnuită sau, mai exact spus, limbajul fizicii clasice. De aceea se poate stabili şi legătura dintre simbolurile matematice ale fizicii teoretice şi experienţele într-un domeniu mic fără dificultăţi, şi anume la fel ca în fizica anterioară, şi tocmai prin aceasta se poate constata şi experimental dacă formalismul matematic al teoriei relativităţii descrie corect sau nu legile naturii. In acest fel pot fi găsite în general acele legi ale naturii care sînt aici valabile. Dificultatea începe abia atunci cînd încercăm, după cunoaşterea legilor exacte ale naturii formulate în teoria relativităţii, să vorbim despre raporturile spaţio-temporale la nivel mare. Pentru aceasta nu ne mai este suficientă limba obişnuită.
Întrucît de la descoperirea teoriei relativităţii s-a scurs mai mult de jumătate de secol, putem formula problema limbajului ei ca o problemă istorică. Ce limbaj s-a dezvoltat realmente în fizică din experienţa cu raporturile spaţio-temporale extrem de mari ? S-a adaptat oare pur şi simplu limbajul în care vorbim despre experimente la limbajul matematic artificial, despre care ştim că descrie raporturile reale corect, sau s-a rupt de acesta, astfel încît ne mulţumim în general cu indicaţii lingvistice imprecise, iar întotdeauna cînd sîntem obligaţi să ne exprimăm precis ne retragem în limbajul matematic artificial ?
în teoria relativităţii, limba vorbită s-a adaptat de fapt limbajului matematic artificial. Dar aş dori să anticipez că în teoria cuantică, care va fi ana'izată mai jos, nu s-a întîmplat astfel. După o propunere a lui Einstein, în teoria re-lativităţii ne-am obişnuit să înzestrăm cuvîntul „simultan" întotdeauna cu adaosul „relativ la un anumit sistem de referinţă" şi prin aceasta să-i dăm din nou conceptului „simultan" un sens exact. Cu aceasta, problema, înainte aprig discutată, dacă ceasul din nava spaţială merge realmente sau numai aparent mai încet devine fără obiect; ea a şi dispărut în ultimele decenii din cadrul discuţiilor. La fel, nu trebuie să se decidă dacă corpurile în mişcare se contractă realmente sau numai aparent pe direcţia lor de mişcare, aşa cum afirmă formula lui Lorentz ; şi această întrebare ar putea fi uitată. Ne-am

obişnuit cu faptul că lumea nu este „realmente" aşa cum ne-ar face să credem conceptele obişnuite, că va trebui să ne obişnuim cu paradoxurile în noile domenii ale experienţei.
Odată cu extinderea teoriei relativităţii prin crearea de către Einstein, în 1916, a teoriei relativităţii generale, a fost supusă şi geometria unei revizuiri, constatîndu-se că ea depinde de cîmpul gravific, că deci raporturile geometrice din lume pot fi corect descrise numai printr-o geometrie neeuclidiană de tip riemannian, adică printr-o geometrie complet neintuitivă.
Şi împotriva unei asemenea concluzii s-au formulat la început, din punct de vedere filozofic, obiecţii severe, de exemplu Dingler la Miinchen a evidenţiat că chiar prin comportamentul nostru practic în producerea aparatelor avem grijă ca acolo să fie valabilă geometria euclidiană. Dingler a argumentat în felul următor : atunci cînd un mecanic încearcă să realizeze o suprafaţă complet netedă, el poate face aceasta în felul următor : el prepară mai întîi trei suprafeţe în mod grosolan plane de dimensiuni apropiate, apoi încearcă să îmbunătăţească, pe rînd, două dintre aceste suprafeţe punîndu-le în contact în diverse unghiuri. Proporţia din această suprafaţă în care contactul este posibil constituie o măsură a gradului de precizie cu care se poate spune că aceste suprafeţe sînt „plane". Mecanicul nu va fi satisfăeut de cele trei suprafeţe ale sale decît dacă contactul dintre oricare două din ele va fi complet peste tot. Dacă se reuşeşte aceasta, se poate demonstra matematic că pe cele trei su-prafeţe trebuie să fie valabilă geometria euclidiană. In acest fel, prin înseşi propriile noastre procedee avem grijă ca geometria euclidiană să fie valabilă, şi, de aceea, o geometrie care s-ar abate de la aceasta este falsă. Din punctul de vedere al teoriei relativităţii generalizate se poate, natural, răspunde la acest argument că el nu demonstrează valabilitatea geometriei euclidiene decît pentru dimensiuni mici, care sînt tocmai acelea ale echipamentului nostru experimental. Precizia cu care geometria euclidiană este valabilă în acest domeniu este atît de înaltă încît procedeul descris mai sus

pentru producerea suprafeţelor plane se poate folosi întotdeauna ; deviaţiile extrem de uşoare de la geometria euclidiană care subzistă în acest domeniu nu se vor observa, deoarece suprafeţele sînt făcute dintr-un material care nu este strict rigid, ci permite foarte mici deformaţii ; prin aceasta conceptul de „contact" nu poate fi definit cu o precizie completă. Pentru suprafeţele la scară cosmică, procedeul descris mai sus este inaplicabil. Numai că aici nu este vorba de o problemă de fizică experimentală. Valabilitatea geometriei euclidiene pentru dimensiuni foarte mici este, de asemenea, suficientă şi pentru teoria generală a relativităţii, pentru a stabili corelaţia dintre conceptele fizicii clasice şi simbolurile limbajului matematic artificial. Fizicianul nu întîmpină nici o greutate atunci cînd vrea să vorbească despre experimentele sale, căci acestea se desfăşoară întotdeauna în intervale spaţiale şi temporale mici, chiar atunci cînd el observă, de exemplu, stele foarte îndepărtate sau particule elementare care se mişcă extrem de rapid. In cele din urmă, limbajul fizicianului experimentator s-a adecvat şi aici limbajului matematic artificial. Ca rezultat final, s-a dezvoltat, pe baza teoriei relativităţii, o modalitate de a vorbi în care ne putem înţelege şi în privinţa relaţiilor spa- ţio-temporale la dimensiuni mari, depăşindu-se astfel dificultăţile despre care am amintit la început.

Dificultăţi extrem de serioase legate de limbaj apar însă în cadrul fizicii atomice. In descrierea proceselor care se desfăşoară în cele mai mici domenii, a raporturilor analizate şi expuse matematic în teoria cuantică, limba obiş-nuită sau limbajul fizicii clasice eşuează într-o măsură atît de mare încît chiar fizicieni de talia lui Einstein nu au reuşit nici pînă la sfîrşitul vieţii lor să se adapteze acestei noi situaţii.

Noi observăm, de exemplu, electronii în camera Wilson : vedem urmele lor ca linii de condensaţie, aşa cum putem să constatăm pe cer traiectoriile avioanelor care zboară foarte sus ca o fîşie de condensaţie, şi nu ne îndoim că în cazul electronilor avem de-a face cu particule încărcate electric care se mişcă foarte repede. Dar aceleaşi obiecte

apar în alte experimente ca unde, care pot produce fenomene de difracţie şi interferenţă ; ele nu mai pot fi particule, care ar avea doar o întindere foarte mică, ele trebuie să fie procese care se exttnd asupra unor domenii spaţiale mari. Dar cum se poate vorbi despre asemenea obiecte dacă orice comparaţie cu obiectele intuitive ale. lumii noastre senzorial perceptibile eşuează sau sînt utile doar ca nişte indici, rămînînd limitate la experimente determinate ? Nici în acest caz nu putem intra în conţinutul teoriei cuantice şi în natura fenomenelor dcscrise do aceasta ; se poate însă formula din nou problema limbii în care vorbim realmente despre atomi şi particulele elementare. Trebuie să vorbim despre ele, altfel nu am putea înţelege experimentele noastre.

Istoric, dezvoltarea teoriei cuantice s-a realizat după descoperirea lui Planck din 1900 într-un mod asemănător cu teoria relativităţii, totuşi această evoluţie a durat, în ansamblu, foarte mult. Cel mai important material experimental a fost adunat în chimie la sfîrşitul secolului trecut şi în primele două decenii ale secolului nostru, prin observaţii asupra radiaţiilor emise de atomi. Pe baza acestui material foarte bogat s-a formulat matematic în anii '20 mecanica cuantică sau ondulatorie, iar în cele din urmă s-a obţinut în acest fel o înţelegere completă a fenomenelor cuantice. In cei 30 de ani care s-au scurs de atunci, s-a dezvoltat printre fizicieni un limbaj în care se vorbeşte despre fenomenele atomice. Dar, în acest caz, limba respectivă nu se mai conformează limbajului matematic artificial. Mai mult, s-a format o manieră de a vorbi în care se folosesc alternativ, pentru descrierea celor mai mici părţi ale materiei, diferite imagini intuitive mutual contradictorii. In funcţie de adecvarea la experimentul respectiv se vorbeşte de unde sau de particule, de traiectorii electronice sau de stări staţionare, dar întotdeauna avînd conştiinţa faptului că aceste imagini reprezintă doar analogii inexacte, că într-o măsură anumită este vorba doar de descrieri prin care încercăm să ne apropiem de procesele reale. Cînd însă sîn- tem obligaţi să

facem afirmaţii precise, trebuie adesea să ne retragem în limbajul matematic artificial.
Această evoluţie a limbajului se întemeiază în primul rînd pe un paradox fundamental al teoriei cuantice. Orice experiment fizic, indiferent dacă se raportează la fenomene ale vieţii cotidiene sau la fizica atomică, trebuie descris cu ajutorul conceptelor fizicii clasice. Aceste concepte ale fizicii clasice formează pentru noi limba în care comunicăm dispoziţia experimentelor noastre şi stabilim rezultatele lor. Ea nu poate fi înlocuită prin alta. In ciuda acestui fapt, aplicabilitatea acestor concepte este limitată pe baza legilor existente ale naturii, prin aşa-nurnitele relaţii de nedeterminare. Nu putem, de exemplu, să cunoaştem simultan poziţia şi viteza unei particule elementare. Cu cît mai exact este măsurată poziţia, cu atît mai mică va fi exactitatea cunoaşterii vitezei, şi invers. Produsul celor două inexactităţi este dat prin cîtul dintre constanta lui Planck şi masa particulei respective. Bohr vorbea de o complementaritate a celor două concepte, poziţia şi viteza, şi el a arătat că, în general, în fizica atomică trebuie folosite diferite tipuri de descriere care se exclud reciproc, dar se şi completează reciproc, astfel încît numai prin jocul diferitelor imagini se obţine în cele din urmă o descriere corespunzătoare a proceselor. Această stare de lucruri — complementaritatea — a condus la aceea că fizicienii, atunci cînd vorbesc despre evenimente atomare, se mulţumesc adesea cu o limbă inexactă şi parabolică, că ei doar încearcă, asemănător poeţilor, să determine în spiritul ascultătorului prin imagini şi parabole anumite mişcări, care indică direcţia dorită, fără să-l oblige la realizarea unei succesiuni de idei determinate. Modalitatea de a vorbi devine univocă doar atunci cînd se servesc de limba matematică artificială, a cărei corectitudine, după experienţele existente, nu mai poate fi pusă la îndoială.
In acelaşi timp trebuie să fie posibil, în mod fundamental, un acord al cuvîntului rostit cu limba matematică artificială, şi ne putem întreba de ce în acest domeniu nu se întîmplă acest lucru de la sine, aşa cum s-a întîmplat în cadrul teoriei relativităţii. Temeiul acestei evoluţii complet

diferite este faptul remarcabil că într-o limbă care corespunde formalismului matematic al teoriei cuantice nu mai poate fi valabilă logica clasică ; ea va trebui înlocuită prin- tr-un alt tip de logică. Din fericire, de multă vreme matematicienii au recunoscut deja ca posibile asemenea logici deviante şi le-au cercetat, clarificînd problemele de principiu care ar putea să apară prin folosirea altor logici. Totuşi o logică nearistotelică îi este atît de neobişnuită gîndirii umane încît fizicienii nu au fost în stare s-o folosească. Din această cauză, limbajul fizicienilor s-a dezvoltat în realitate într-o altă direcţie. Este totuşi instructiv să cercetăm logica limbajului care ar corespunde schemei matematice a teoriei cuantice.
Această logică cuantică, cum a fost numită, a fost iniţiată încă în anii '30 de către Birkhoff şi von Neumann, iar mai recent ea a fost exhaustiv cercetată de von Weizsäcker. în ea este mai întîi negată valabilitatea unei legi fundamentale a logicii aristotelice sau a logicii vieţii cotidiene. Este vorba de principiul care afirmă despre un enunţ că ori el însuşi, ori negaţia lui trebuie să fie corecte. Dintre cele două propoziţii ,,Aici se află o masă" sau „Aici nu se află nici o masă" una trebuie să fie adevărată şi cealaltă falsă ; a treia posibilitate nu există — „tertium non datur". In logica cuantică, în locul acestei axiome apare, după von Weizsäcker, stipularea că într-o alternativă simplă de tipul descris mai sus există pentru un enunţ un conţinut de adevăr care poate fi caracterizat prin două numere complexe. Din aceste numere se poate forma un al treilea — nu vom intra în detalii aici —, care poate fi numit valoarea de adevăr, care este 1 dacă enunţul este adevărat şi 0 dacă enunţul este fals. Pot însă exista şi valori intermediare, de exemplu valoarea i/2, pentru care enunţul poate fi adevărat sau fals cu aceeaşi probabilitate. Există, aşadar, situaţii intermediare, pentru care nu este determinat dacă anunţul este fals sau adevărat, iar această ,,nedeterminare" nu poate fi interpretată în nici un caz ca necunoaştere a adevăratei stări de lucruri. Astfel, un enunţ căruia îi corespunde o valoare intermediară nu poate fi interpretat pur şi simplu în sensul că alternativa este

corectă, dar că nu se ştie care enunţ corespunde. Mai mult, propoziţiile cărora le aparţin valorile intermediare nu mai pot fi exprimate într-o limbă obişnuită. C. F. von Weizsăcker desemnează o propoziţie caracterizată printr-o asemenea situaţie intermediară drept propoziţie complementară propoziţiilor simple ale alternativei. împotriva unei asemenea lărgiri a logicii se poate formula o obiecţie imediată. Atunci cînd scriem sau vorbim despre această logică, folosim, fără a ne gîndi în mod deosebit la aceasta, logica obişnuită, aristotelică. Noi folosim întotdeauna, de exemplu, conştient sau inconştient, axioma „tertium non datur". In acest fel se pare că lărgirea plănuită a logicii conţine o contradicţie internă. Această obiecţie a fost pe drept respinsă de von Weizsăcker, el arătînd că noi putem distinge diferite niveluri ale limbii. Un prim nivel se referă la obiecte, de exemplu la atomi şi electroni sau chiar la obiecte ale vieţii cotidiene, mese sau scaune. Un al doilea nivel se raportează la enunţurile despre obiecte ; el conţine astfel, de exemplu, enunţuri despre enunţurile despre electroni sau enunţuri despre teoria electronilor. Un al treilea se poate referi la enunţuri despre enunţurile despre obiecte ş.a.m.d. De aceea, în principiu, este posibil să se întrebuinţeze la diferite niveluri ale limbii diferite logici, dar va trebui ca în cazul-limită al nivelului cel mai înalt să ne reîntoarcem la logica obişnuită. Astfel nu se va mai putea obiecta nimic împotriva folosirii logicii aristotelice în descrierea logicii generalizate a unor niveluri diferite. Această situaţie din logică ar fi analoagă cu aceea din teoria cuantică. Deşi trebuie să afirmăm că legile naturii din teoria cuantică sînt valabile peste tot, chiar şi pentru fenomenele vieţii cotidiene, totuşi în teoria cuantică fizica clasică este conţinută ca un caz- limită într-un asemenea mod, încît în descrierea obiectelor la scară macroscopică caracteristicile cuantice ale proceselor joacă doar un rol subordonat, iar în viaţa de zi cu zi pot fi practic ignorate. Analog, logica aristotelică ar fi conţinută în logica cuantică ca un caz-limită, astfel încît în multe analize este principial permis să se folosească logica clasică.

Faptul că fizica clasică este inclusă ca un caz-limită în teoria cuantică reprezintă însăşi condiţia pentru descrierea îşi interpretarea teoretică a experimentelor din fizica atomică. Căci aparatele vor fi descrise şi în fizica ato-mică prin conceptele fizicii clasice, iar rezultatele obţinute vor fi comunicate folosindu-se aceleaşi concepte. Numai întrucît aceasta este posibil, fizica atomică păstrează univocitatea şi repetabilitatea, caracteristici considerate în general ca presupoziţii ale unei ştiinţe exacte şi obiective a naturii. în mod asemănător, pentru înţelegerea logicii cuantice este esenţial ca noi să putem vorbi despre structura ei într-o limbă care se foloseşte de logica clasică.
Intorcîndu-ne la nivelul inferior al limbajului — care se referă la obiecte — şi prin aceasta la logica cuantică, am putea clasifica deosebirea caracteristică a acestei logici faţă de logica obişnuită cu ajutorul următorului exemplu : să considerăm un atom care se deplasează într-o cutie închisă, împărţită printr-un perete în două părţi egale, peretele avînd o mică fantă prin care poate trece atomul. In acest caz, după logica clasică, atomul s-ar putea afla sau în jumătatea din stînga, sau în cea din dreapta a cutiei. Nu există o a treia posibilitate : „tertium non datur". în teoria cuantică trebuie să admitem însă, dacă vrem să utilizăm în general cuvintele „atom" şi „cutii", că există şi alte posibilităţi care sînt mixturi stranii ale celor două posibilităţi precedente. Aceasta este necesar pentru a putea explica rezultatele unor experimente. Am putea, de exemplu, să observăm lumina difuzată de atom şi să facem trei expe-rienţe. In prima, atomul este închis în jumătatea din stînga cutiei (prin închiderea fantei peretelui), şi se măsoară distribuţia intensităţii luminii difuzate. In a doua, închidem atomul în jumătatea din dreapta şi măsurăm din nou lumina difuzată. In a treia, atomul poate circula liber în întreaga cutie şi se măsoară încă o dată distribuţia intensităţii. Dacă atomul s-ar fi găsit mereu fie într-o jumătate, fie în cealaltă, distribuţia de intensitate pentru a treia expe-rienţă ar trebui să fie un amestec (depinzînd de timpul petrecut de atom în fiecare dintre cele două jumătăţi). Dar, în general, aceasta nu este experimental

corect. Distribuţia de intensitate reală este modificată, de regulă, de aşa-numita interferenţă a probabilităţilor, care joacă un rol important în teoria cuantică, dar care nu poate fi aici explicată mai pe larg. In cel de-al treilea caz de mai sus se prezintă situaţia caracterizată prin propoziţia care a fost numită complementară uneia dintre cele două alternative.

Dacă considerăm în acest exemplu diferitele niveluri ale limbajului, atunci în logica clasică relaţia dintre acestea va fi aceea de corespondenţă univocă. Cele două enunţuri „Atomul se află în jumătatea din stînga" sau „Este adevărat că atomul se află în jumătatea din stînga" aparţin logic unor niveluri diferite. In logica clasică, cele două enunţuri sînt însă complet echivalente, adică ele sînt sau ambele adevărate, sau ambele false. Nu este posibil ca unul să fie corect şi celălalt fals. In schema logică a complementarităţii, această relaţie este însă mai complicată ; justeţea sau falsitatea primului enunţ implică încă justeţea sau falsitatea celui de-al doilea enunţ, dar falsitatea celui de-al doilea nu implică cu necesitate falsitatea primului enunţ. Dacă al doilea enunţ este fals, rămîne încă nedecis dacă atomul se află în partea stingă. Atomul nu trebuie să fie neapărat în partea dreaptă. Există încă o completă echivalenţă a celor două niveluri ale limbii pentru adevărul unui enunţ, nu însă şi în ceea ce priveşte falsitatea unui enunţ. Pornind de aici, se poate înţelege acea păstrare care se numeşte , persistenţa legilor clasice" în teoria cuantică. De fiecare dată cînd un rezultat exact se poate deduce dintr-o experienţă prin aplicarea legilor clasice, acest rezultat se va deduce, de asemenea, şi prin legile cuantice şi experimental se va comporta exact la fel. Logica modificată a teoriei cuantice, care a fost schiţată mai sus, conduce în mod obligatoriu şi la o ontologie modificată ; căci oricărui enunţ despre atom în care nu este decis dacă atomul se află în partea dreaptă sau stingă a cutiei îi corespunde o situaţie din natură diferită de oricare din cele două situaţii, cînd atomul se află în pai tea stingă sau în partea dreaptă a cutiei. C. F. von Weizsăcker a numit asemenea stări, care corespund enunţurilor

complementare, stări coexistente, pentru a indica faptul că sînt stări care conţin ca posibilităţi ambele alternative. Acest concept de stare ar reprezenta prin prisma unei ontologii a teoriei cuantice o primă definiţie. Se observă ime-diat că această folosire a cuvîntului „stare", în special a termenului „stare coexistentă", este atît de diferită de aceea a ontologiei obişnuite încît ne-am putea îndoi că aici se mai foloseşte o terminologie adecvată. Dacă, pe de altă parte, se interpretează cuvîntul „stare" astfel încît acesta să desemneze mai degrabă o posibilitate decît o realitate — şi s-ar putea chiar prin simplificare să înlocuim cuvîntul „stare" prin cuvîntul „posibilitate" —, conceptul de „potenţialitate coexistentă" este cu totul plauzibil, deoarece o potenţialitate poate conţine o altă posibilitate sau se poate suprapune parţial altor potenţialităţi.
De aici rezultă şi faptul că în fizica modernă conceptul de potenţialitate, care a jucat un rol atît de hotărîtor în filozofia lui Aristotel, apare din nou într-o poziţie centrală. Am putea concepe legile matematice ale teoriei cuantice ca o versiune cantitativă a conceptului aristotelic de „dynamis" sau „potentia". Desigur, Aristotel nu s-a gîndit la folosirea acestui concept pentru o lărgire a logicii sale. Totuşi acest concept de „posibilitate" se află într-un mod corect la jumătatea distanţei dintre conceptul de realitate materială obiectivă, pe de o parte, şi acela de realitate subiectivă, spirituală. „Probabilitatea1* cuantică are, cel puţin parţial, un caracter obiectiv, deşi dacă este interpretată ca frecvenţă ea reprezintă doar frecvenţa într-o totalitate gîndită.
In analizarea dificultăţilor care apar în cadrul descrierii lingvistice a proceselor atomare, se întîlneşte adesea opinia că aici ar fi vorba de elemente ale unei discuţii interesante între fizicieni şi filozofi, poate extrem de speciale şi subtile, dar că experimentatorul practician al teoriei atomice, atomistul sau chimistul, ar putea, din fericire, să uite această întreagă problematică, întrucît ea nu joacă nici un rol în problemele lui practice.
Această părere ar fi îndreptăţită numai dacă atomistul ar renunţa realmente să mai vorbească despre atomul însuşi.

El ar putea să raporteze experimentele şi rezultatele lui fără să se ocupe de regulile logicii cuantice. Dar de îndată ce va vorbi despre atomi sau molecule, de exemplu atunci cînd chimistul va dori să scrie o formulă pentru legăturile chimice — iar acest lucru el îl face totuşi întrucît vrea să clarifice experimentele sale —, atunci el va trebui să fie pregătit să întîmpine dificultăţile logicii cuantice. Faptul că nu vor putea evita întotdeauna aceste greutăţi vom încerca să-l prezentăm pe baza unui exemplu din chimie.
De la descoperirea chimistului Kekule de acum 100 de ani, se ştie că molecula de benzol posedă o structură de formă inelară, că ea constă din şase atomi de carbon ordonaţi într-un hexagon, de fiecare fiind legat cîte un atom de hidrogen. Imaginea acestei molecule poate fi găsită în numeroase manuale de chimie. Dacă chimiştii sînt întrebaţi cum sînt ordonate legăturile de valenţă în această moleculă, ei vor răspunde că coeziunea moleculei este realizată prin trei legături simple şi trei legături duble. Chimistul îţi va arăta pe o schemă a moleculei, în care el va fi numerotat cei şase atomi de carbon de la 1 la 6, că atomii 1 şi 2, 3 şi 4, 5 şi 6 sînt legaţi prin două linii de valenţă. Se poate însă întreba dacă nu ar fi posibil ca în locul acestora legăturile duble să se afle între atomii 2 şi 3, 4 şi 5, 6 şi 1. Vom primi răspunsul că această a doua posibilitate este, de fapt, la fel de întemeiată ca şi prima, că ele sînt absolut echivalente şi că nu se ştie care se va realiza. Intrucît însă nu există două molecule de benzol echivalente şi totuşi diferite, acest răspuns nu este în întregime satisfăcător. Insistînd mai departe cu întrebările, s-ar putea ca chimistul să spună că molecula oscilează între cele două posibilităţi. Intrucît însă el trebuie să admită că la temperaturi suficient de joase nu mai poate avea loc în moleculă nici o mişcare reală, nici o modificare temporală, el se simte forţat să admită formularea că legătura reală va trebui concepută ca un gen de amestec al celor două posibilităţi sus-menţionate. Chimistul face astfel loc, pe jumătate inconştient, logicii cuantice. Căci în viaţa cotidiană, pur şi simplu, nu ne putem reprezenta ce ar putea să însemne un amestec între cazul în care aici se află

o masă şi altul în care aici nu se află o masă. Se admite astfel că atunci cînd vorbim despre procesele atomice şi cînd nu ne mai mulţumim cu indicaţii vagi nu putem evita logica cuantică. Acela care abordează domeniul atomilor poate să se bazeze pe logica aristotelică clasică tot atît de puţin ca şi cosmonautul pe conceptele de „sus" şi „jos". Este de înţeles totuşi de ce fizicianul nu a folosit pînă acum în mod sistematic logica cuantică, mulţumindu-se adesea doar cu imagini şi parabole prin care poate orienta în direcţia dorită gîndurile auditorului.

O vreme îndelungată s-a împărtăşit ideea că problema limbajului joacă în ştiinţele naturii doar un rol subordonat. Acest fapt nu mai este adevărat însă în cazul fizicii moderne. Oamenii pătrund în vremea noastră în domenii depărtate ale naturii, inaccesibile direct simţurilor noastre, care nu pot fi decît deduse prin intermediul unei aparaturi tehnice complicate. Cu aceasta noi părăsim nu numai domeniul nemijlocit perceptibil, noi părăsim şi spaţiul în care s-a format limba noastră obişnuită şi la care ea este aplicabilă. De aceea sîntem obligaţi să învăţăm o limbă nouă, care în multe locuri este foarte străină de cea veche. O limbă nouă înseamnă însă şi un nou mod de gîndire, şi prin aceasta se manifestă în ştiinţele naturii în toată stringenţa ei acea exigenţă pe care o întîlnim atît de izbitor în epoca actuală în atît de multe domenii.

ŞTIINŢELE NATURII ŞI TEHNICA IN EVENIMENTELE POLITICE ALE EPOCII NOASTRE

Intr-o conferinţă despre rolul cuvîntului în evenimentele politice, Cari J. Burckhardt exprima ideea că într-o vreme în care, în urma nesfîrşitei abuzări de ele, cuvintele şi imaginile conducătoare ale trecutului par să se fi devalorizat şi să fi fost deposedate de forţa lor ordonatoare ştiinţelor naturii şi tehnicii le-ar putea reveni, în ciuda tuturor pericolelor, rolul unei forţe ordonatoare. 'Ne vom ocupa aici de această idee în cînteva rînduri.

Prima impresie este potrivnică speranţei formulate de Burckhardt. Astăzi, cînd ştiinţele naturii şi tehnica exercită cea mai puternică influenţă asupra transformării lumii şi pătrund în domeniile ei cele mai avansate într-un mod mai

degrabă distructiv decît ordonator, pe primul plan se află interesul material, care, în virtutea naturii sale, poate acţiona în ambele direcţii. El poate duce atît la contradicţii între grupuri de putere duşmane, contradicţii care pot distruge orice ordine, cît şi la formarea unor structuri economice ordonate. Ştiinţele naturii promit atenuarea mizeriei materiale, dispariţia bolilor, victoria asupra duşmanilor, ele conving prin cuvîntul determinant „finalitate". Dar şi „finalitatea" poate să ducă la haos dacă scopurile nu vor fi înţelese ca părţi ale unei totalităţi mai mari, ale unei ordini superioare. „Finali-tatea este moartea umanităţii". Acest principiu enunţat uneori ne indică faptul că orice scop desprins din ansamblul corelaţiilor sale poate conduce la dezvoltări care vin în contradicţie cu realitatea umană propriu-zisă, şi anume cu cercetarea corelaţiilor date care depăşesc domeniul uman.
Principiul nu are valabilitate decît în cazul în care scopurile reprezintă părţi ale unui ansamblu mai mare, pe care epocile anterioare îl numeau ordinea divină.
Deşi ştiinţele naturii pot acţiona la început în ambele direcţii, încă Burckhardt a indicat latura instructivă a practicării ştiinţelor şi tehnicii. Dezvoltarea modernă determină un număr nelimitat de oameni din toate regiunile lumii să se dedice cu scrupulozitate şi conştiinciozitate soluţionării unei probleme tehnice sau ştiinţifice care li se pune. Indiferent dacă este vorba despre un constructor de străzi, de un inginer de mecanică fină sau de un constructor de avioane sau dacă se cercetează procesele chimice din organismul uman ori trebuie cultivate noi'plante industriale, întotdeauna individul căruia i se pune problema trebuie să se apuce de lucru lucid şi conştiincios ; el nu trebuie să se lase orbit de prejudecăţi sau iluzii, el trebuie să renunţe la toate acele simplificări atît de periculoase în viaţa politică dacă răspunderea care i se încredinţează este justificată. Această obligativitate a grijii şi lucidităţii aparţine forţelor ordonatoare ale timpului nostru. Ea nu ar fi însă suficientă dacă ştiinţa nu ar putea produce nemijlocit sentimentul

pentru acea totalitate superioară în care se exprimă ordinea acestei lumi.
Cercetătorului superficial îi poate părea că ştiinţele naturii şi tehnica se dizolvă în mecanismul, care devine din ce în ce mai nesistematic, al unor discipline speciale, în care individul mai poate totuşi acţiona cu succes, dar ale cărei legături el nu le mai poate înţelege. La o analiză mai atentă se observă însă în spatele acesteia o mişcare în direcţie opusă. Prin procesul unei abstractizări din ce în ce mai înalte, care se realizează sub ochii noştri în ştiinţele exacte ale naturii şi care cuprinde treptat domenii spirituale mai vaste, devin vizibile în interiorul unei ştiinţe, ca şi între diferite ştiinţe raporturi foarte largi, care pînă acum au fost ascunse minţii umane. Ca exemplu poate servi evoluţia matematicii moderne. Conceptul de număr s-a i'ormat printr-o abstracţie din lucrurile perceptibile senzorial; figurile geometrice se nasc prin abstracţie din relaţiile pe care le întîlnim, de exemplu, în măsurarea Pămîntului. Socotitul cu litere în locul cifrelor, introducerea unităţii imaginare, studiul funcţiilor caracterizează trepte mai înalte ale abstracţiei. După obiectele abstracte speciale de care se ocupă, se deosebesc ramurile diferite ale matematicii, cum ar fi aritmetica, algebra, teoria funcţiilor, topologia ş.a.m.d. In vremea noastră, matematica atinge însă un grad de abstracţie esenţial mai înalt, în care se constituie concepte supraordonate, pornind de la care diferitele obiecte ale matematicii apar numai ca exemple de aplicaţii speciale, în care se reflectă raporturile foarte generale, structuri logice care acţionează în toate disciplinele speciale ale matematicii. Concepte cum ar fi mulţime, grup, latice, operator au o putere de unificare care permit matematicii să apară ca o unitate într-un sens mai înalt ca înainte.
Evoluţii asemănătoare se pot observa şi în fizica modernă a atomului. Mai înainte fizica şi chimia erau ştiinţe separate, care se raportau la aspecte complet diferite ale naturii, iar fizica însăşi se descompunea într-o serie de discipline diferite — mecanica, optica, teoria electricităţii, termodinamica etc. —, care, la rîndul lor, aveau ca obiect

de studiu diferite tipuri de procese şi legităţi. In timpul nostru s-a înţeles că toate acestea sînt legic corelate, dar pentru a se observa marile raporturi trebuia să se pătrundă şi în domenii ale naturii care nu pot fi nemijlocit perceptibile. Prin fizica învelişului nuclear s-a realizat unificarea chimiei şi fizicii ; prin experimentele realizate astăzi cu cele mai mari mijloace tehnice asupra particulelor elementare apare corelaţia tuturor genurilor de forţe din natură, iar formularea legilor lor cere un grad de abstracţie necunoscut înainte în ştiinţele naturii.
In biologie începe să se înţeleagă că dirijarea proceselor biologice din organism se leagă adesea de proprietăţile atomice ale anumitor substanţe complexe. Şi aici trebuie părăsit domeniul proceselor vii nemijlocit perceptibile pentru a se cunoaşte corelaţiile active. Pare, de aceea, că evoluţia multor domenii diferite ale ştiinţei şi tehnicii se desfăşoară în aceeaşi direcţie ; de la datul nemijlocit perceptibil se trece mai întîi pe un tărîm deşert, neliniştitor şi îndepărtat, din perspectiva căruia devin inteligibile marile corelaţii ale lumii.
Aici trebuie subliniat însă faptul că renunţarea la contactul viu cu natura, renunţare pe care o presupune pătrunderea în noile domenii şi drumul spre abstracţie în ştiinţele naturii, nu reprezintă un scop autonom, ci, dimpotrivă, este vorba de o jertfă dureroasă, care-şi găseşte justificarea numai în cunoaşterea unor raporturi mai largi ale lumii. Aceste ordini mai generale au devenit realmente observabile în ştiinţele naturii din epoca noastră. De aceea nu trebuie să se facă nici o comparaţie sub acest aspect cu artele moderne, deşi în acestea tendinţa spre abstractizare apare foarte clară. Marile corelaţii despre care este vorba în ştiinţele naturii nu pot fi recunoscute deocamdată decît în cercul restrîns al celor care activează aici.
Totuşi de aici pot pleca influenţa asupra gîndirii oamenilor în general. De exemplu, se maturizează extraordinar sentimentul că viaţa pe Pămînt reprezintă o unitate, că o deteriorare într-un loc poate să aibă influenţe în alte locuri şi că noi sîntem răspunzători pentru ordinea vieţii pe această planetă. Din depărtarea spaţiului cosmic, în care

oamenii pot pătrunde cu mijloacele tehnicii moderne, se vor observa poate şi mai clar decît de pe Pămînt legile unitare după care se ordonează întreaga viaţă pe planeta noastră. Că aici s-au deschis posibilităţi pentru a pătrunde nu doar cu spiritul, ci şi cu inima pe acel tărîm deşert, neliniştitor şi îndepărtat unde ne-au condus mai întîi tehnica şi ştiinţele naturii ne arată poate cel mai bine poemul aviatorului francez Saint-Exupery. Micul său prinţ, care are grijă de planetele sale, care răstoarnă vulcanii şi stropeşte un trandafir, trăieşte acolo departe, dar ne învaţă : „On ne voit bien qu'avec le coeur, Tessentiel est invisible pour Ies yeux"

Atunci cînd se ridică problema dacă din ştiinţele naturii şi tehnicii izvorăsc puteri ordonatoare ale vieţii noastre cotidiene, capabile să transforme viaţa pe Pămînt la fel ca marile imagini determinante ale trecutului, trebuie să ne gîndim înainte de toate la corelaţiile largi care au devenit sesizabile de-abia în cele mai recente dezvoltări. Cu privire la marile pericole politice ale timpului nostru putem spera că se va extinde sentimentul pe care un fizician rus l-a exprimat de curînd la un congres internaţional prin fraza : „Călătorim împreună pe o navă spaţială care, înconjurînd din vremuri infinite Soarele, se mişcă cu acest mare astru prin spaţiul infinit. Nu ştim de unde venim şi încotro mergem, dar călătorim împreună pe aceeaşi navă".

ABSTRACŢIA ÎN ŞTIINŢELE MODERNE ALE NATURII

Dacă se compară ştiinţa naturii din vremea noastră cu aceea din epocile anterioare, se constată adesea că această ştiinţă a devenit în decursul evoluţiei ei din ce în ce mai abstractă şi că ea a atins actualmente în multe locuri un caracter uimitor de abstract, care nu poate fi egalat decît, într-o anumită măsură, de marile succese practice pe care le-a produs ştiinţa naturii prin aplicaţiile ei tehnice. Nu vreau acum să discut o problemă referitoare la valori, care a fost adesea formulată în această privinţă. Nu ne vom întreba astfel dacă era mai plăcută ştiinţa na turii din epoca antică, acea ştiinţă care a făcut ca raporturile naturii — prin pătrunderea în particularităţile fenomenelor naturale — să fie vii şi, prin aceasta, evidente, sau dacă,

dimpotrivă, enorma extindere a posibilităţilor tehnice care se întemeiază pe cercetarea modernă a demonstrat incontestabil tocmai superioritatea concepţiei noastre asupra ştiinţei naturii. Această problemă de valoare va fi astfel deocamdată lăsată cu totul deoparte. In locul ei vom încerca să supunem unei cercetări însuşi procesul abstracţiei în dezvoltarea ştiinţei. Vom examina — atît cît va fi cu putinţă în cadrul unei scurte considerări istorice — ce s-a în- tîmplat realmente atunci cînd ştiinţa, supunîn- duse evident unei necesităţi interne, s-a ridicat de la o treaptă de abstracţie la alta ; care sînt valorile de cunoaştere care fac să se urmeze această ascensiune anevoioasă. Se va constata că în diferite discipline din domeniul ştiinţelor naturii se petrec procese similare care pot deveni mai inteligibile tocmai prin compararea lor. Atunci cînd biologul reduce metabolismul şi reproducerea organismelor vii la reacţii chimice, ati nci cînd chimistul substituie descrierea intuitivă a calităţilor substanţei sale printr-o formulă de compoziţie mai mult sau mai puţin complicată, atunci cînd fizicianul exprimă legile naturii în ecuaţii matematice, se realizează o evoluţie al cărei tip fundamental se poate cel mai clar recunoaşte în dezvoltarea matematicii înseşi şi despre a cărei obligativitate trebuie să ne întrebăm.

Se poate începe cu întrebarea : ce este abstracţia şi ce rol joacă ea în gîndirea conceptuală ? Ca răspuns s-ar putea spune : abstracţia desemnează posibilitatea de a considera un obiect sau un grup de obiecte dintr-un singur punct de vedere, neglijînd toate celelalte proprietăţi ale acestora. Evidenţierea unei trăsături, care va fi considerată în acest raport deosebit de importantă faţă de toate celelalte caracteristici, constituie esenţa abstracţiei. Formarea tuturor conceptelor se întemeiază, cum se înţelege destul de uşor, pe acest proces al abstracţiei. Căci formarea conceptelor presupune că se poate recunoaşte ceea ce este echivalent. Deoarece însă o completă egalitate în cadrul fenomenelor nu apare practic niciodată, echivalenţa se naşte numai prin procesul abstracţiei, prin reţinerea unei trăsături şi neglijarea tuturor celorlalte. Pentru a putea

construi, de exemplu, conceptul de „pom", trebuie să se observe că mestecenii şi brazii au anumite trăsături comune, care pot fi reţinute abstractiv şi prin aceasta conceptual.
Descoperirea unor trăsături comune poate reprezenta în anumite condiţii un act de cunoaştere de o deosebită semnificaţie. De exemplu, trebuie să se fi înţeles foarte de timpuriu în istoria umanităţii că în compararea a trei vaci cu trei mere există o trăsătură comună, exprimată prin cuvîntul „trei". Formarea conceptului de număr reprezintă deja un pas decisiv in trecerea de la domeniul lumii date nemijlocit, senzorial, la domeniul structurilor ideale, raţional conceptibile. Propoziţia „Două nuci plus două nuci fac patru nuci" rămîne valabilă dacă se înlocuieşte cuvîntul „nuci" cu „pîini" sau dacă el se înlocuieşte, de asemenea, prin numele oricăror alte obiecte. Putem deci generaliza această propoziţie sub forma abstractă „Doi plus doi fac patru". Aceasta a fost o descoperire deosebit de importantă. Probabil că s-a recunoscut foarte devreme puterea ordonatoare proprie a acestui concept de număr, şi aceasta a contribuit la conceperea sau interpretarea unor numere ca simboluri. Din punctul de vedere al matematicii actuale, numărj1 individual este în general mai puţin important decît operaţia fundamentală a numărării. Tocmai această operaţie este cea care permite apariţia şirului neîntrerupt al numerelor naturale şi, prin aceasta, ea generează deja implicit toate stările de lucruri care sînt studiate în teoria numerelor. Odată cu numărarea s-a făcut evident un pas decisiv în abstracţie, pas prin care s-a deschis drumul matematicii şi ştiinţelor matematice ale naturii.
Aici se poate studia un fenomen cu care ne vom întîlni mereu mai tîrziu pe diferitele trepte ale abstracţiei, în matematică sau în ştiinţele moderne ale naturii, şi care pentru dezvoltarea gîndirii abstracte în ştiinţă ar putea fi considerat un gen de „fenomen originar" — deşi este sigur că Goethe nu ar fi folosit aici expresia sa „fenomen originar" (Urphănomen). Am putea să-l numim „desfăşurarea structurilor abstracte". Conceptele care s-au

format iniţial prin abstracţie, plecînd de la stări de lucru individuale sau de la complexe ale experienţei, cîştigă o viaţă proprie, dovedindu-se mult mai bogate în conţinut şi mai productive decît se întrevă- zuse iniţial. In evoluţia ulterioară, ele manifestă o putere ordonatoare independentă, prilejuind formarea unor forme şi concepte noi, mediin- du-ne cunoaşterea corelaţiilor acestora, confirmîndu-şi valoarea în încercarea de a face inteligibilă lumea fenomenelor.

Din conceptul de numărare, de exemplu, şi din operaţiile simple de calcul legate de acesta s-au dezvoltat mai tîrziu, parţial în antichitate, parţial în epoca modernă, o aritmetică complicată şi o teorie complexă a numerelor, în care de fapt s-a descoperit numai ceea ce de la început fusese pus prin conceptul de număr. Numărul şi teoria relaţiilor numerice dezvoltată din el au dat posibilitatea de a se compara segmentele prin măsurare. Astfel s-a putut dezvolta o geometrie ştiinţifică ce depăşeşte deja conceptual teoria numerelor. încercarea de a întemeia în acest fel geometria pe aritmetică, întreprinsă deja de către pitagoreici, s-a lovit de dificultăţi privind raporturile iraţionale de segmente, aceştia fiind obligaţi să extindă corpul numerelor ; astfel au trebuit să inventeze într-o anumită măsură conceptul de număr iraţional. Pornind de aici, grecii au ajuns la conceptul continuului şi la cunoscutele paradoxe studiate mai tîrziu de filozoful Zenon. Nu vom intra aici în dificultăţile acestei evoluţii a matematicii; am vrut doar să indicăm bogăţia de forme care există implicit în conceptul de număr şi care poate fi desfăşurată din acesta.

In procesul abstracţiei se poate produce deci următorul fenomen : conceptul format prin abstracţie cîştigă o viaţă proprie, el generează o mulţime neaşteptată de forme sau structuri ordonatoare, care vor contribui mai tîrziu într-un mod anumit şi la înţelegerea evenimentelor din lumea înconjurătoare.

In jurul acestui fenomen fundamental s-a născut problematica privind natura proprie a obiectului matematicii. Nu mai poate fi pus la îndoială faptul că în

matematică este vorba de cunoaştere autentică. Despre ce este însă această cunoaştere ? Descriem oare în matematică o realitate obiectivă, adică ceva care există într-un anumit sens independent de oameni, sau matematica este numai o capacitate a gîndirii umane ? Legile pe care le derivăm în matematică reprezintă numai enunţuri asupra structurii gîndirii umane ? Nu vreau să dezvolt aici de fapt această problemă deosebit de grea, ci doar să fac o observaţie care subliniază caracterul obiectiv al matematicii.

Nu este improbabil ca pe alte planete, să zicem pe Marte, în orice caz însă în alte constelaţii, să existe ceva analog vieţii, şi trebuie să luăm în seamă, în general, posibilitatea existenţei pe alte corpuri din univers a unor fiinţe vii, a căror capacitate de a gîndi abstract să se fi dezvoltat atît de mult încît să fi produs conceptul de număr. Dacă acest fapt este real şi dacă aceste fiinţe ar dezvolta din conceptul de număr o matematică ştiinţifică, atunci ele ar ajunge la aceleaşi teoreme ale teoriei numerelor ca şi noi, oamenii. Aritmetica şi teoria numerelor nu pot arăta la ei în mod fundamental altfel decît la noi, ele trebuie să corespundă în privinţa rezultatelor. Dacă matematica trebuie să fie valabilă ca enunţare asupra gîndirii umane, atunci neapărat : asupra gîndirii în sine, nu doar asupra gîndirii umane. In măsura în care există în general gîndire, matematica trebuie să fie aceeaşi. Acest postulat poate fi comparat cu un alt postulat al ştiinţelor naturii : pe alte planete sau pe corpurile cosmice mult mai îndepărtate sînt valabile aceleaşi legi ale naturii ca la noi. Aceasta nu este doar o presupunere teoretică, chiar putem să vedem prin telescoapele noastre că acolo există aceleaşi elemente chimice ca şi la noi, că ele intră în aceleaşi combinaţii chimice, radiind lumina în aceeaşi corelaţie spectrală. Dacă această afirmaţie natural-ştiinţifică, întemeiată pe experienţă, are vreo legătură cu cea făcută mai sus asupra matematicii, şi care anume este această legătură, nu vom discuta acum.

Să ne întoarcem pentru un moment la matematică înainte de a considera evoluţia ştiinţelor naturii. Matematica a

creat mereu în decursul istoriei ei concepte noi şi comprehensive, ridicîndu-se astfel pe trepte de abstracţie din ce în ce mai înalte. Domeniul numerelor a fost extins cu numerele iraţionale şi cele complexe. Conceptul de funcţie a deschis calea analizei superioare, calculul diferenţial şi integral. Conceptul de grup, care s-a dovedit la fel de rodnic în algebră, geometrie, teoria funcţiilor, a sugerat că ar trebui să fie posibil ca, la un nivel mai înalt al abstracţiei, să se poată ordona şi înţelege întreaga matematică. Teoria mulţimilor a fost dezvoltată ca o asemenea substructură abstractă a întregii matematici. Dificultăţile teoriei mulţimilor au obligat în cele din urmă la trecerea de la matematică la logica matematică, realizată în anii '20, în special de către Hilbert şi colaboratorii săi din Gottingen. De fiecare dată a trebuit să se treacă de la un nivel al abstracţiei la altul, superior, întrucît problemele din domeniul restrîns în care apăruseră iniţial nu puteau fi realmente rezolvate şi în orice caz nu puteau fi înţelese. Numai corelarea lor cu alte probleme, dintr-un domeniu mai larg, deschidea posibilitatea unui nou gen de înţelegere, determinînd prin aceasta formarea unor concepte mult mai cuprinzătoare. De exemplu, atunci cînd s-a înţeles că axioma paralelelor a lui Euclid nu poate fi demonstrată, s-a dezvoltat geometria neeuclidiană. O înţelegere autentică s-a obţinut însă numai după ce s-a formulat întrebarea mult mai generală : se poate demonstra în interiorul unui sistem axiomatic că acest sistem nu conţine nici o contradicţie ? Abia cu această întrebare s-a atins nucleul problemei. La sfârşitul acestei evoluţii găsim în vremea noastră o matematică asupra fundamentelor căreia se poate vorbi numai în concepte extraordinar de abstracte, a căror legătură cu anumite lucruri ale experienţei pare să se fi pierdut cu desăvîrşire. De la matematicianul şi filozoful Bertrand Russell se pare că provine propoziţia : „Matematica tratează despre lucruri despre care nu ştie ce sînt şi ea constă din enunţuri despre care nu se ştie dacă sînt adevărate sau false". (Pentru explicarea părţii a doua a acestei afirmaţii, se ştie numai că ele sînt formal adevărate, nu însă dacă există obiecte în

realitate la care ele s-ar putea raporta.) Istoria matematicii trebuie să servească însă aici doar ca un exemplu pentru înţelegerea inevitabilităţii evoluţiei spre abstracţie şi spre unificare. Ajungînd aici, trebuie să ne întrebăm dacă nu s-a petrecut ceva asemănător şi în ştiinţele naturii.
Ajş dori să încep cu ştiinţa care prin obiectul ei ar trebui să fie cea mai apropiată de viaţă şi, în această măsură, probabil cel mai puţin abstractă : biologia. In vechea sa împărţire în zoologie şi botanică, ea era în mare măsură o descriere a numeroaselor forme în care întîlnim viaţa pe Pămînt. Ştiinţa compara aceste forme cu scopul de a introduce ordine în multitudinea, la prima vedere aproape de necuprins, a înfăţişărilor vieţii şi pentru a căuta regularităţile sau legităţile din domeniul lucrurilor vii. Aici s-a născut de la sine următoarea întrebare : după ce criterii pot fi comparate diferitele fiinţe vii, care ar trebui să fie trăsăturile comune care ar putea servi ca temei al comparării ? Deja cercetările lui Goethe asupra metamorfozei plantelor, de exemplu, erau îndreptate tocmai în această direcţie. Aici trebuia, aşadar, să urmeze primul pas spre abstracţie. întrebarea nu se mai referea cu precădere la fiinţele individuale, ci la funcţiile biologice prin care se caracterizează viaţa — creşterea, metabolismul, înmulţirea, respiraţia, circulaţia sanguină etc. Aceste funcţii ofereau punctul de vedere din care se puteau compara chiar şi fiinţe de genuri cu totul deosebite. Ele s-au dovedit, la fel ca şi conceptele abstracte ale matematicii, neaşteptat de rodnice. Ele au dezvoltat într-o anumită măsură o forţă proprie pentru ordonarea unor domenii foarte îndepărtate ale biologiei. Astfel a apărut din studiul proceselor ereditare teoria darvinistă a evoluţiei, care a permis pentru prima oară interpretarea dintr-un punct de vedere cuprinzător şi unitar a mulţimii formelor diferite ale vieţii organice. Cercetările asupra respiraţiei şi metabolismului, pe de altă parte, au dus de la sine la problema proceselor chimice care au loc în organismul viu ; ele au dat posibilitatea comparării acestor procese cu procesele chimice care se desfăşoară în retorte. Prin aceasta s-a creat un pod între biologie şi chimie, punîndu-

se în acelaşi timp problema dacă procesele chimice din organism se desfăşoară după aceleaşi legi ale naturii ca şi cele din materia nevie. Astfel, întrebarea privind funcţiile biologice s-a deplasat într-un alt punct, şi anume ea vizează acum modul în care se realizează în natură material aceste funcţii biologice. Atîta vreme cît atenţia era îndreptată asupra funcţiilor biologice, maniera de cercetare mai corespundea lumii spirituale a medicului şi filozofului Carus, prietenul lui Goethe, care arătase strînsele corelaţii ale funcţiilor organice cu procesele sufleteşti inconştiente. Cu punerea problemei realizării materiale a funcţiilor, cadrul biologiei, la drept vorbind, a explodat, întrucît acum devenise evident că procesele biologice pot fi realmente înţelese numai cînd sînt analizate şi interpretate ştiinţific şi procesele chimice şi fizice care le corespund. Pe această nouă treaptă de abstracţie nu vor fi direct considerate corelaţiile fenomenale biologice, ci se va întreba numai ce procese fizico-chimice, corelate ale proceselor biologice, se desfăşoară realmente într-un organism. Pe acest făgaş s-a ajuns în timpul nostru la cunoaşterea unor raporturi foarte generale care par să determine unitar toate procesele vii de pe Pămînt şi care pot fi cel mai simplu exprimate în limbajul fizicii atomice. Ca un exemplu special să luăm factorii eredităţii, a căror transmitere de la un organism la altul este reglată de cunoscutele legi ale lui Mendel. Aceşti factori ereditari sînt daţi material prin ordonarea unui mare număr de fragmente moleculare de patru tipuri caracteristice pe cele două fire ale unei molecule filiforme, numită acid dezoxiribonucleic (ADN), care joacă un rol decisiv la formarea nucleelor celulare. Prelungirea biologiei în chimia şi fizica atomică permite astfel interpretarea unitară a unor fenomene biologice fundamentale pentru întreaga lume organică de pe Pămînt. Dacă viaţa care există pe alte planete foloseşte aceleaşi structuri fizice şi chimice nu se poate stabili în acest moment, dar este posibil ca răspunsul la această întrebare să fie cunoscut într-un timp nu prea îndepărtat.

In chimie s-a petrecut o evoluţie asemănătoare cu cea din biologie. Aş dori să reţin din istoria chimiei doar un singur

episod, caracteristic pentru fenomenul „abstracţie şi unificare", şi anume dezvoltarea conceptului de valenţă. Chimia are de-a face cu calităţile substanţei şi ea cercetează problema transformării substanţelor cu anumite calităţi în substanţe cu alte calităţi, combinarea, separarea şi transformarea substanţelor. Atunci cînd s-a început să se cer-ceteze cantitativ compoziţiile substanţelor, deci să :se întrebe ce cantitate din diferite elemente chimice este prezentă în compoziţia respectivă, s-au descoperit raporturi de numere întregi. Deja mai înainte se folosise reprezentarea ato- mistă ca o imagine corespunzătoare, cu ajutorul căreia se putea înţelege compoziţia elementelor Să plecăm de la o comparaţie cunoscută. Dacă se amestecă nisip alb cu nisip roşu, ia naştere un nisip a cărui culoare roşiatică este mai deschisă sau mai închisă în funcţie de raportul compoziţiei. La fel se reprezenta şi combinaţia chimică a două elemente, gîndind în locul părticelelor de nisip atomii. Intrucît compoziţia chimică era prin proprietăţile ei mai diferită de elementele care o compuneau decît nisipul amestecat de cele două feluri de nisipuri, s-a putut modifica imaginea acceptînd ideea că atomii diferiţi se constituie mai întîi în grupuri de atomi care alcătuiesc, ca molecule, cele mai mici unităţi ale compoziţiei. Raporturile de numere întregi ale substanţelor de bază din diferitele compoziţii puteau fi interpretate prin numărul atomilor din moleculă. Experimentele permiteau realmente o asemenea interpretare intuitivă şi, dincolo de aceasta, să se atribuie atomilor individuali un număr de aşa-numite „valenţe", care simbolizau posibilitatea unirii cu alţi atomi. Aici rămînea însă în primul rînd total neclar — şi acesta e punctul despre care este acum vorba — dacă trebuia să se reprezinte valenţa ca o forţă orientată sau ca o proprietate geometrică a atomilor, sau cu totul altfel. Multă vreme a trebuit să rămînă nedecis dacă atomii înşişi erau obiecte materiale reale sau doar imagini geometrice auxiliare, convenabile pentru reprezentarea matematică a evenimentelor chimice. Prin „reprezentare matematică" se înţelege faptul că simbolurile şi regulile lor de corelare — aici, de exemplu, valenţele şi regulile valenţelor — sînt

„izomorfe" evenimentelor în acelaşi sens în care atunci cînd, vorbind în limbajul matematic al teoriei grupurilor, spunem că transformările liniare ale unui „vector" sînt izomorfe rotaţiilor în spaţiul tridimensional. Practic, fără a folosi limbajul matematicii, aceasta înseamnă : se poate folosi reprezentarea de valenţă pentru a prevedea ce combinaţii chimice vor fi posibile între elementele respective. Dacă însă, pe lîngă aceasta, valenţa este şi ceva real, în acelaşi sens în care o forţă sau o formă geometrică poate fi reală, această problemă n-a putut fi rezolvată multă vreme, deciderea ei nefiind deosebit de importantă pentru chimie. Deoarece în cazul procesului complicat al reacţiilor chimice ne-am îndreptat atenţia în primul rînd asupra corelaţiilor cantitative ale amestecului, fără a lua în considerare celelalte aspecte, adică procedînd prin abstracţie, s-a obţinut un concept care a permis să se interpreteze unitar şi să se înţeleagă parţial diferitele reacţii chimice. Numai mult mai tîrziu, şi anume în fizica atomică modernă, am învăţat ce gen de realitate se află în spatele conceptului de valenţă. Nici astăzi nu putem să spunem pe drept dacă valenţa reprezintă, într-adevăr, o forţă sau o traiectorie electronică, sau o concavitate în densitatea încărcăturii electrice a atomilor, sau doar o posibilitate a ceva de acest gen. Incertitudinea fizicii contemporane nu se referă însă la starea însăşi, ci la expresia ei lingvistică, a cărei imperfecţiune nu o putem esenţialmente elimina.

De la conceptul de valenţă mai rămîne doar un drum foarte scurt pînă la limbajul abstract al chimiei contemporane, care face posibilă chi- misitului înţelegerea conţinutului şi a rezultatelor muncii sale în toate domeniile acestei ştiinţe. Torentul de informaţii pe care le strînge biologul sau chimistul observator sau experimentator se revarsă în cele din urmă de la sine în domeniul mai larg al fizicii atomice, prin punerea problemelor în care se tinde spre o înţelegere unitară şi care duce la elaborarea conceptelor abstracte. Pare că fizica atomică ar trebui deja, prin poziţia sa centrală, să fie suficient de cuprinzătoare pentru a oferi tuturor fenomenelor din natură o structură fundamentală

la care acestea să fie raportate şi pe baza căreia să poată fi ordonate. Dar nici în fizică, care apare aici ca o bază comună pentru biologie şi chimie, aceasta nu este deloc evident, deoarece există foarte multe fenomene fizice de genuri diferite a căror corelaţie internă nu este de la început evidentă. De aceea va trebui să intrăm din nou în evoluţia fizicii, şi anume vom arunca mai întîi o privire asupra primelor ei începuturi.
La începutul ştiinţei antice a naturii a stat, după cum se ştie, învăţătura pitagoricilor după care, aşa cum ne-o relatează Aristotel, „lucrurile sînt numere". Dacă se interpretează modern redarea gîndurilor pitagoricilor de către Aristotel, se înţelege că lucrurile, adică fenomenele, pot fi ordonate şi, în această măsură, înţelese prin corelarea lor cu forme matematice. Dar această corelare nu va fi considerată un act arbitrar al capacităţii noasitre de gîndire, ci drept ceva obiectiv. Se va spune, de exemplu : „Numerele sînt esenţa substanţială a lucrurilor" sau „Cerul întreg este armonie şi număr". Prin aceasta se înţelege mai întîi doar ordinea lumii pur şi simplu. Pentru filozofia antică, lumea este cosmos şi nu haos. înţelegerea astfel obţinută a lumii încă nu pare prea abstractă ; astfel, de exemplu, observaţiile astronomice sînt interpre-tate plecînd de la conceptul de orbită. Aştrii se mişcă în cercuri. Cercul reprezintă, datorită simetriei sale înalte, o figură deosebit de perfectă ; mişcarea în cerc este evidentă prin sine. Pentru mişcarea complicată a planetelor a trebuit să fie combinate mai multe mişcări în cerc, cicluri, epi- cicluri, pentru a putea fi corect reprezentate observaţiile. Aceasta era absolut suficient pentru gradul de exactitate accesibil pe atunci. Eclipsele de Soare şi de Lună puteau fi foarte exact prevăzute cu ajutorul astronomiei lui Ptolemeu. Această concepţie antică a fost înfruntată la începutul epocii moderne, în fizica newtoniană, cu întrebarea : nu are ceva comun mişcarea Lunii în jurul Pămîntului cu mişcarea pietrelor care cad sau care sint aruncate ? Descoperirea că aici este prezent ceva comun, asupra căruia s-a putut îndrepta atenţia, făcîndu-se abstracţie de itoate celelalte deosebiri oricît de adinei, re-prezintă un eveniment dintre

cele mai pline de consecinţe din istoria ştiinţelor naturii. Ceea ce era comun a fost descoperit prin formularea conceptului de „forţă", care produce modificarea „impulsului" unui corp, aici în special forţa gravitaţională. Deşi acest concept de forţă mai izvora din experienţa sensibilă, cum ar fi impresiile provocate de ridicarea unei greutăţi mari, el devine încă în axiomatica newtoniană un concept abstract, şi anume este definit prin mo-dificarea impulsului, fără raportare la aceste impresii. Cu puţine concepte, cum ar fi masă, viteză, impuls, forţă, Newton construieşte un sistem închis de axiome, care trebuia să fie suficient pentru tratarea tuturor proceselor mişcării mecanice, făcînd abstracţie de toate celelalte trăsături ale corpurilor. După cum se ştie, acest sistem axiomatic s-a dovedit, ca şi conceptul de număr în istoria matematicii, extraordinar de fecund. Timp de peste două secole, fizicienii şi matematicienii au tras noi şi interesante consecinţe din principiul newtonian, pe care-l învăţăm în şcoală în forma sa simplă : „Masa X acceleraţia = forţa". Teoria mişcării planetelor a început tot cu Newton, şi ea a fost dezvoltată şi perfecţionată de astronomia de mai tîrziu. A fost studiată şi explicată mişcarea giroscopică, a fost dezvoltată mecanica fluidelor şi a corpurilor elastice, au fost prelucrate matematic analogiile dintre mecanică şi optică. Aici trebuiau evidenţiate două puncte de vedere. Primul : dacă abordăm numai latura pragmatică a ştiinţei, de pildă comparînd mecanica lui Newton cu astronomia antică în privinţa capacităţii de predicţie a astronomiei, atunci fizica newtoniană, cel puţin la începutul ei, nu se distingea de astronomia antică In esenţă, se putea reprezenta oricît de exact mişcarea planetelor prin suprapunerea ciclurilor şi epiciclurilor. Forţa de convingere a fizicii newtoniene provenea astfel în primul rînd nu din aplicabilitatea sa practică, ci se întemeia pe unificarea, pe explicarea unitară a unor fenomene foarte diferite, pe puterea de cuprindere care provine de la fundamentul newtonian. Al doilea : cînd s-au dedus din acest punct iniţial, în secolele care au urmat, noi domenii ale mecanicii, astronomiei şi fizicii, au fost necesare pentru

aceasta realizări ştiinţifice deosebite ale unei serii de savanţi, dar rezultatul se ascundea, chiar dacă nu putea fi recunoscut de la început, încă în premisele lui Newton ; exact la fel cum conceptul de număr conţinuse implicit întreaga teorie a numărului. Chiar dacă fiinţe înzestrate cu raţiune de pe alte planete vor lua ca punct de plecare al consideraţiilor lor ştiinţifice principiul lui Newton, ele vor putea obţine la întrebări asemănătoare numai răspunsuri asemănătoare, în această măsură este vorba şi în evoluţia fizicii newtoniene de „desfăşurarea structurilor abstracte", despre care am vorbit încă la începutul acestei conferinţe. Abia în secolul al XlX-lea s-a arătat că premisele newtoniene totuşi nu erau suficiente pentru a se obţine forme matematice corespunzătoare pentru toate fenomenele observabile. Fenomenele electrice, de exemplu, care au stat în centrul atenţiei fizicienilor în special de la descoperirile lui Galvani, Volta şi Faraday, nu mai corespundeau sistemului de concepte ale mecanicii. Faraday a construit, întemeindu-se pentru aceasta pe teoria corpurilor elastice, conceptul de cîmp de forţă, ale cărui modificări în timp trebuiau cercetate şi explicate independent de mişcările corpurilor. Din asemenea puncte de plecare s-a dezvoltat mai tîrziu teoria maxwelliană a fenomenelor electromagnetice, din ea teoria relativităţii a lui Einstein şi, în cele din urmă, fizica generală a cîmpului, care, spera Einstein, ar putea fi construită ca bază a întregii fizici. Nu vom intra acum în detaliile acestei evoluţii. Important pentru consideraţiile noastre de aici este numai faptul că fizica de la începutul secolului nostru, ca urmare a unor asemenea evoluţii, nu era deloc unitară. Corpurile materiale, ale căror mişcări erau studiate de mecanică, erau opuse forţelor aflate în mişcare, care reprezentau acum prin cîmpurile de forţe o realitate proprie, cu propriile ei legi naturale. Cîmpurile diferite stăteau unul lingă altul fără vreo legătură. Cîm- purilor electromagnetice şi gravitaţionale, cunoscute încă de multă vreme, şi forţelor chimice de valenţă li s-au adăugat forţele din nucleul atomic şi interacţiunile care sînt hotă- rîtoare pentru dezintegrarea radioactivă.

Prin această coexistenţă a unor imagini intuitive diferite şi a tipurilor de forţe separate s-a pus o problemă pe care ştiinţa nu o putea ocoli. Căci noi sîntem convinşi că natura este, în ultimă instanţă, unitar ordonată, că toate fenomenele se produc, în ultimă instanţă, după legi unitare ale naturii. De aceea, în cele din urmă trebuie să fie posibilă şi descoperirea structurii comune subiacente diferitelor domenii fizice.
Fizica atomică modernă s-a apropiat de acest ţel tot cu ajutorul abstracţiei şi al elaborării unor concepte cuprinzătoare. Imaginile aparent contradictorii rezultate din interpretarea experimentelor fizicii atomice au dus mai întîi la situarea noţiunii de „posibilitate", de „realitate doar potenţială" în centrul interpretării teoretice. Cu aceasta a fost dizolvată opoziţia dintre particulele materiale ale fizicii newtoniene şi cîmpul de forţe al fizicii Faraday-Max- well; ambele sînt forme de manifestare posibile ale aceleiaşi realităţi fizice. Opoziţia dintre forţă şi substanţă şi-a pierdut semnificaţia ei principială. Şi conceptul extrem de abstract de realitate potenţială s-a dovedit extraordinar de fructuos ; prin el interpretarea atomic-fizică a fenomenelor biologice şi chimice a devenit posibilă pentru prima dată. Legătura căutată dintre diferitele tipuri de cîm- puri de forţe a rezultat simplu în ultimele decenii din noile experimente. Fiecărui tip de cîmp îi corespunde, în sensul unei realităţi potenţiale, un gen determinat de particule elementare. Cîmpului electromagnetic îi corespunde cuanta de lumină sau fotonul, forţelor chimice le corespund, într-o anumită măsură, electronii, forţelor nucleului atomic le corespund mezonii ş.a.m.d. In experimentele cu particulele elementare s-a constatat că la ciocnirea unor particule elementare cu viteze foarte mari se nasc noi asemenea particule elementare, părînd că, dacă dispunem de suficientă energie în ciocniri pentru a forma noi particule, s-ar putea produce particule elementare de orice tip. Diferitele particule elementare sînt, pentru a spune astfel, alcătuite din ace-eaşi substanţă — această substanţă o putem numi simplu energie sau materie —, ele pu- tînd să se transforme reciproc unele în

altele. Prin aceasta se pot transforma reciproc unele în altele şi cîmpurile de forţe ; corelaţia lor internă poate fi cunoscută nemijlocit în mod experimental. Fizicianului îi mai rămîne sarcina formulării legilor naturii după care se realizează transmutaţia particulelor elementare. Aceste legi trebuie să reprezinte sau să transpună în limbajul matematic precis, şi prin aceasta necesar, ceea ce se poate observa în experiment. Soluţia acestei probleme nu pare prea dificilă, dată fiind creşterea mulţimii de informaţii pe care ni le oferă fizica experimentală, în care se lucrează cu mijloacele cele mai perfecţionate. Pe lîngă conceptul de „realitate potenţială" raportată la spaţiu şi timp, în această teorie pare să joace un anumit rol exigenţa ca acţiunile să nu se propage cu o viteză superioară vitezei luminii. Pentru formularea matematică rămîne, în cele din urmă, o structură a teoriei grupurilor, o totalitate de exigenţe de simetrie care pot fi reprezentate prin elemente matematice relativ simple ; dacă această structură va fi suficientă pentru expunerea experienţei, se va putea constata din nou numai în procesul „desfăşurării", despre care am vorbit de cîteva ori. Detaliile nu sînt importante pentru consideraţiile pe care le intenţionăm aici ; în esenţă, raportul dintre diferitele domenii fizice pare să fi fost clarificat deja prin experimentele din ultimii zece ani ; credem că putem recunoaşte structura fizică unitară a naturii în schiţele ei. Aici trebuie să acordăm însă atenţie şi limitelor înţelegerii dobîndite astfel despre natură, limite determinate tocmai de natura abstracţiei. Dacă facem la început abstracţie de numeroase detalii importante în favoarea unei trăsături care izbuteşte să ordoneze fenomenele, prin aceasta ne limităm singuri la elaborarea unei structuri de bază, a unui gen de osatură care numai prin adăugarea unei mulţimi de detalii ulterioare va putea deveni o veritabilă imagine. Raportul dintre fenomen şi structura de bază este în general atît de încîlcit încît nu poate fi urmărit în particular. Doar în fizică s-a clari- licat măcar relaţia dintre conceptele cu care descriem nemijlocit experienţa şi acelea care apar în formularea legilor naturii. în chimie s-a reuşit acest lucru numai într-o măsură considerabil mai redusă,

iar biologia abia începe să înţeleagă în unele puncte cum s-ar putea acorda conceptele care izvorăsc din cunoaşterea nemijlocită a vieţii şi care-şi păstrează întreaga valoare cu structurile de bază. Oricum, imaginea obţinută prin abstracţie ne oferă într-o anumită măsură o reţea naturală de coordonate la care se raportează fenomenele şi în cadrul căreia ele ar putea fi ordonate. Intre înţelegerea astfel do- bîndită a lumii şi cunoaşterea spre care s-a tins la început şi spre care se tinde mereu, este acelaşi raport ca între planul unui peisaj ce se poate recunoaşte dintr-un avion care zboară la o foarte mare înălţime şi imaginea pe care o putem obţine trăind şi plimbîndu-ne prin acest peisaj.

Să ne întoarcem la întrebarea pusă la început. Drumul abstracţiei în ştiinţele naturii se întemeiază, aşadar, în cele din urmă pe necesitatea de a întreba mai departe, pe tendinţa spre o înţelegere unitară. Goethe deplîngea aceasta odată, în legătură cu conceptul formulat de el al „fenomenului originar". El scrie în Teoria culorilor : „Dacă s-ar găsi un asemenea fenomen originar, tot ar rămîne necazul că el nu va fi recunoscut ca atare, că noi vom mai căuta dincolo de el şi deasupra lui încă ceva, pe cînd ar trebui totuşi să recunoaştem aici graniţele contemplării". Goethe şi-a dat seama, evident, că pasul spre abstracţie nu poate fi evitat dacă ne întrebăm mai departe. Ceea ce indică el prin cuvintele „deasupra lui" este tocmai treapta de abstracţie imediat următoare. Goethe vrea s-o evite ; trebuie să recunoaştem graniţele contemplării, să nu le depăşim, deoarece dincolo de aceste graniţe contemplarea devine imposibilă şi începe spaţiul gîndirii constructive, desprinsă de experienţa sensibilă. Acest spaţiu i-a fost întotdeauna străin lui Goethe, stîrnindu-i nelinişte, înainte de toate, deoarece îl şoca nemărginirea lui. Peisajul nesfîrşit, vizibil de aici, putea să atragă doar gînditorii de o cu totul altă structură de gîndire decît Goethe. De la Nietzsche provine propoziţia : „Abstractul este pentru mulţi o caznă — pentru mine, în zilele bune, o sărbătoare şi o beţie !" Dar oamenii care meditează asupra naturii se întreabă mai departe, deoarece ei concep lumea ca o

unitate şi încearcă să-i înţeleagă structura unitară. In acest scop, ei construiesc concepte din ce în ce mai cuprinzătoare, a căror relaţie cu experienţa sensibilă nemijlocită se poate recunoaşte
foarte greu. Existenţa unei asemenea relaţii reprezintă totuşi o condiţie indispensabilă pentru ca abstracţia să mai poată în general oferi o înţelegere a lumii.
După cuprinderea în linii atît de mari a progresului din domeniul ştiinţelor naturii, acum, la sfîrşitul unei asemenea considerări, e greu să rezişti tentaţiei de a arunca o scurtă privire asupra altor domenii ale vieţii spirituale, arta şi religia, şi de a te întreba dacă acolo s-au desfăşurat sau se mai desfăşoară procese similare.
In domeniul artelor plastice ne surprinde o anume asemănare între ceea ce se întîmplă în dezvoltarea unui stil artistic din formele de bază simple şi ceea ce a fost numit aici desfăşurarea unei structuri abstracte. Ca şi în ştiinţele naturii, apare impresia că prin formele de bază — de exemplu, în arhitectura romanică prin pătrat şi semicerc — sînt condiţionate deja în mare măsură posibilităţile de dezvoltare şi rafinare ale formelor mai bogate din vremurile de mai tîrziu, că în evoluţia stilului este vorba mai mult de o desfăşurare decît de o creaţie nouă. O trăsătură comună foarte importantă constă şi în aceea că asemenea forme de bază nu se pot inventa, ci doar descoperi. Formele de bază posedă o obiectivitate pură. In ştiinţele naturii, ele trebuie să reprezinte realitatea, în artă se exprimă conţinutul de viaţă al epocii respective. In condiţii favorabile se poate descoperi că există forme care realizează aceasta, dar asemenea forme nu pot fi pur şi simplu construite.
Mai greu de apreciat este presupunerea, formulată uneori, după care caracterul abstract al artei moderne ar avea cauze asemănătoare caracterului abstract al ştiinţelor moderne ale naturii, că ele ar fi oarecum înrudite prin conţinut. In cazul în care comparaţia ar fi aici îndreptăţită, aceasta ar însemna că arta modernă a cîştigat posibilitatea de a reprezenta şi a face intuitive raporturi mai cuprinzătoare, care nu puteau fi exprimate de arta

anterioară, tocmai renunţînd la legătura nemijlocită cu trăirea sensibilă. Arta modernă poate reda unitatea lumii mai bine decît arta anterioară. Dacă această in-terpretare este corectă nu pot să hotărăsc eu. Adesea evoluţia artei moderne este şi altfel interpretată : Desfiinţarea în epoca noastră a ordinii vechi, de exemplu a legăturilor religioase, se reflectă în artă în desfiinţarea formelor tradiţionale, din care nu mai rămîn decît elemente individuale abstracte. Dacă aceasta este interpretarea corectă, atunci nu mai există nici o relaţie cu caracterul abstract al ştiinţelor moderne ale naturii. Căci prin abstracţia din ştiinţele naturii s-a obţinut realmente o privire asupra unor raporturi deosebit de cuprinzătoare.
Poate ne este permis să amintim încă o comparaţie din domeniul istoriei. Faptul că abstracţia se naşte din continuarea întrebărilor, din tendinţa spre unitate, se poate recunoaşte evident dintr-unul din cele mai importante evenimente din istoria religiei. Noţiunea de Dumnezeu din religia mozaică reprezintă o treaptă mai înaltă de abstracţie în raport cu reprezentarea unui mare număr de zei ai naturii, a căror acţiune asupra lumii putea fi nemijlocit trăită. Numai pe această treaptă superioară se poate admite unitatea acţiunii divine. Lupta reprezentanţilor religiei mozaice împotriva lui Hris- tos ar fi fost, dacă-l putem urma aici pe Martin Buber, o luptă pentru păstrarea abstracţiei, pentru susţinerea treptei mai înalte care fusese deîa obţinută. In opoziţie cu ei, Hristos ar fi insistat ca abstracţia să nu se rupă de viaţă, ca oamenii să-şi înfăţişeze nemijlocit acţiunea divină asupra lumii, chiar dacă nu mai exista o imagine perceptibilă a lui Dumnezeu. Faptul că prin aceasta s-a caracterizat greutatea principală a oricărei abstracţii ne este destul de fa-miliar şi din istoria ştiinţei. Ar fi lipsită de valoare acea ştiinţă a naturii ale cărei afirmaţii nu ar putea fi verificate prin observarea naturii ; ar fi lipsită de valoare acea artă care nu ar mai impresiona oamenii, care nu ar mai reuşi să lo ilumineze sensul existenţei. Dar nu ar fi raţional să ne lăsăm purtaţi atît de departe, aici nu este vorba decît de a explica evoluţia abstractă a ştiinţelor moderne ale naturii.

Trebuie să ne mulţumim cu constatarea că ştiinţa modernă a naturii s-a ordonat în mod natural într-un cadru de semnificaţii mai larg, care se naşte prin aceea că oamenii întreabă mai departe, că aceasta este forma în care oamenii dialoghează cu lumea care-i înconjură, pentru a-i cunoaşte structura unitară şi pentru a trăi în ea.

SARCINI ŞI PROBLEME ACTUALE IN PROMOVAREA CERCETĂRII ŞTIINŢIFICE IN GERMANIA *

Aş dori să încep acest referat asupra problemelor cercetării ştiinţifice, pe care-l voi susţine aici, cu două episoade care aruncă o lumină poate cam alarmantă asupra întrebărilor care vor fi formulate.

Am primit vizita unor membri de seamă ai consiliului japonez al cercetării, care doreau să se sfătuiască cu noi asupra măsurilor corespunzătoare privind promovarea cercetării. După aproape două ore de discuţii care se desfăşurau deosebit de armonios, conducătorul acestei delegaţii, un cunoscut savant japonez, m-a luat deoparte şi m-a întrebat, după ce s-a scuzat de cîteva ori, dacă ar putea să-mi pună între patru ochi încă o întrebare, foarte importantă pentru el. După ce am acceptat, mi-a spus : „După primul război mondial, Germania era din punct de vedere economic într-o situaţie aproape fără spe-ranţă. Dar la numai cîţiva ani după aceea, cam de la 1920, în ciuda mizeriei economice, Germania avea în cercetarea ştiinţifică un loc de frunte în raport cu întreaga lume. După al doilea război mondial, Germania s-a refăcut economic

* Acest discurs, care trebuie înţeles în relaţia sa specială cu timpul respectiv, a fost ţinut la 5.11.1963 în faţa deputaţilor Bundestagului german în societatea de lucru interparlamentară, la Bonn. Apărut iniţial în Universitas, 19 Jg., 1964, Heft 10, Wissenschaft- liche Verlagsgesellschaft m.b.H., Stuttgart, p. 1 009— 1 022.

mult mai repede decît după primul. Incepînd c u 1950, relaţiile economice ale Germaniei occidentale erau mult mai bune decît s-ar fi putut spei a. însă în cercetarea ştiinţifică şi astăzi, după 18 ani de la război, ţara noastră joacă doar un rol subordonat. Cum se explică aceasta ?"

Al doilea episod pe care aş vrea să vi-l relatez s-a petrecut în Institutul pentru fizica plasmei din Miinchen-Garching. Aveam nevoie acolo pentru lucrările noastre experimentale de un mare număr de condensatori electrici, care trebuiau să corespundă unor exigenţe tehnice foarte înalte. Ştiam că o firmă din Anglia produce condensatori care îndeplineau condiţiile noastre. Deoarece era însă vorba de o comandă mare, 3 000 de condensatori, care costau mai multe milioane de mărci, am fost rugaţi să oferim această comandă unei firme vest-germane. După ce s-au stabilit exact condiţiile tehnice şi încercările de probă şi după ce o firmă vest-ger- mană de prestigiu s-a declarat de acord să preia contractul, s-a predat comanda. După timpul de livrare corespunzător au venit primii 300 de condensatori. Dintre aceştia chiar la livrare 4o/0 erau nedenşi şi au eşuat. Un condensator a fost desfăcut şi s-a constatat că greşeala se datora unui defect de construcţie şi de finisare ; a urmat o serie neplăcută de încercări, scrisori şi propuneri de modificări. După cîteva luni am primit de la firmă o scrisoare în care recunoştea că nu poate îndeplini condiţiile tehnice stabilite prin contract, astfel încît contractul trebuia să fie anulat. Aşa s-a pierdut mult timp. Am fost dezamăgiţi şi am luat legătura cu firma engleză. Cadrele pentru condensatori fuseseră deja livrate la Garching, iar condensatorii firmei engleze nu li se potriveau. Firma engleză s-a oferit însă imediat să încerce o execuţie specială şi să construiască condensatori de mărimile corecte ; inginerul nostru şef a plecat pentru convorbiri în Anglia. După numai trei zile a sosit un exemplar de probă, pe aeroportul
Riem ; a fost supus aceloraşi probe ca şi condensatorii produşi mai înainte în ţară. A funcţionat ireproşabil. Intre timp toţi condensatorii din Anglia au fost montaţi la Garching şi lucrează de atunci în mod ou totul satisfăcător. Am început această expunere cu cele două episoade deoarece cred că ele ne îndeamnă să meditäm. Nu vreau însă să vă conduc cu rea- credinţă spre anumite concluzii pripite. Oamenii de ştiinţă sînt obligaţi să fie sceptici şi sinceri. Scepticismul mă obligă să spun că din două

asemenea episoade, întîmplător selecţionate, nu se poate trage o concluzie întemeiată asupra stării cercetărilor la noi. Pe de altă parte, pot să garantez că episoadele s-au petre-cut în realitate exact în modul în care le-am relatat.
Să începem cu întrebarea : ce înseamnă ştiinţa în viaţa modernă ? In epocile anterioare, ştiinţa, şi arta reprezentau ornamentul cultural al vieţii, pe care oamenii şi-l puteau permite în vremurile bune, la care însă trebuiau să re-nunţe în vremurile rele, atunci cînd alte obligaţii şi griji treceau pe primul plan. Realizările culturale strălucitoare şi bunăstarea materială erau semnele exterioare ale fericirii unui popor. Astăzi însă totul este fundamental diferit. întreaga noastră viaţă depinde, fie că sîntem de acord, fie că nu, de ştiinţă, şi anume într-o măsură pe care înainte cu greu ne-am fi putut-o imagina. Trebuie, de aceea, să ne oprim asupra acestei laturi a vieţii moderne dacă dorim să răspundem corect la întrebarea privind cerinţele cercetării ştiinţifice. Cercetarea ştiinţifică nu mai este ornamentul cultural al vieţii — deşi ar putea fi şi aceasta —, ci reprezintă sămînţa din care mai tîrziu vor putea creşte bunăstarea economică, buna organizare a statului, sănătatea publică şi multe altele. Poate un răspuns parţial la întrebarea savantului japonez amintită la început ar suna astfel : „Noi am rămas în urmă deoarece in ultimele decenii am acordat mai puţină atenţie decît alte naţiuni acestei laturi a vieţii moderne, şi anume locului centrai pe care îl ocupă ştiinţa în lumea noastră".
Dar nu numai ponderea cercetării ştiinţifice a devenit mai mare ; obiectele şi modul însuşi al muncii ştiinţifice s-au modificat. Alături de domeniile ştiinţifice vechi, tradiţionale, la care noi am avut întotdeauna contribuţii de cea mai mare valoare, au apărut unele noi, care s-au dezvoltat adesea la graniţa dintre două domenii vechi. De exemplu, la graniţele dintre biologie, chimie şi fizică s-a dezvoltat biologia moleculară, în care s-au făcut în ultimul deceniu cele mai semnificative descoperiri. Aplicarea metodelor ştiinţelor naturii sau matematicii la domeniul ştiinţelor spiritului, de exemplu la ştiinţele economice sau la ştiinţa politicii, a condus la noi şi interesante idei, asupra

semnificaţiei cărora numai evoluţia viitoare va decide. Tehnica maşinilor electronice de calcul a permis constituirea ştiinţei ciberneticii, care s-a dovedit excepţional de fructuoasă şi în biologie, în studiul sistemului nervos al organismelor simple. In aceste noi domenii noi am pătruns mai greu decît alte naţiuni care produc ştiinţă.

Acest lucru se explică în primul rînd prin faptul că cercetătorii tineri, care în mod natural ar trebui să-şi desfăşoare activitatea în domenii noi, au dispărut în ţara noastră în timpul războiului aproape cu toţii ; activitatea ştiinţifică în universităţile şi institutele noastre de cercetări a trebuit în 1945 să fie reluată de oamenii de ştiinţă vechi, iar aceştia, este de la sine înţeles, au lucrat mai departe în domeniile de cercetare în care obţinuseră realizări bune înainte de catastrofa din 1933. Tineretul ştiinţific, care se dezvoltă acum, vrea însă să lucreze în noile domenii, încă neexplorate. In lumea din afara noastră s-a modificat foarte mult şi stilul muncii de cercetare. Ţinînd seama de importanţa pe care o va avea ştiinţa, guvernele au pus la dispoziţie fonduri mult mai mari cercetării. Munca de cercetare nu va mai fi dusă de un savant izolat, ci de o echipă întreagă de cercetători tineri ; fără a se lua în seamă cheltuielile, în unele ţări s-a pus la dispoziţie întregul arsenal al tehnicii moderne pentru a se realiza anumite obiective ale cercetării. Pentru acest gen de cercetare, universităţile noastre nu sînt înzestrate, şi chiar în cadrul mai flexibilului Institut Max Planck nu se poate realiza uşor adaptarea la acest nou stil de cercetare. Faptul că şi administraţia noastră are greutăţi mari în a se adapta la cerinţele acestei noi cercetări va fi discutat mai tîrziu. Acest nou stil de cercetare aduce cu sine şi faptul că nu se poate în orice loc să se realizeze totul, de exemplu nu ar putea fi reprezentate în toate universităţile toate direcţiile de cercetare. Trebuie să se creeze puncte forte, care să cuprindă specialiştii în centre corespunzătoare, în care să se realizeze ceea ce este important şi să se lase la o parte ceea ce este mai puţin important. Această formare a punctelor forte cere o muncă prealabilă atentă în organele

administrative corespunzătoare, în care ştiinţa însăşi trebuie să aibă o influenţă decisivă. Nu există o altă metodă pentru formarea punctelor forte decît consultarea atentă dintre specialişti şi administraţie. Diferite comisii din Ministerul Ştiinţei, din Societatea pentru cercetări şi din Consiliul Ştiinţei au muncit în mod excelent în anii din urmă ; nu văd aici un temei pentru ca să se producă vreo modificare în aceste forme de organizare existente. Dacă în viitor vor apărea pretenţii şi mai înalte, de exemplu prin convenţiile internaţionale, atunci va trebui ca în aceste comisii să se selecteze mult mai strict cercetările costisitoare. Va trebui să se promoveze domeniile şi centrele de cercetare care au cele mai bune perspective de succes sau cele care apar ca foarte importante din alte motive, în timp ce altele mai puţin importante vor fi trecute pe planul al doilea.
Nu cred că ar fi o nefericire dacă s-ar aibate în viitor aici un vînt mai tare. Selecţia contribuie adesea şi la îmbunătăţirea calităţii. La aceasta se vor obiecta, în special, următoarele : dacă vor trebu'. abordate noi domenii ale ştiinţei sau noi metode vor trebui aplicate, atunci va trebui, intrucît nu ne vor sta niciodată la dispoziţie mijloace financiare nelimitate şi forţe de muncă nelimitate, să fie abandonate vechile domenii. Nouă, aceasta ne pare mult mai greu decît altor naţiuni. Deoarece conştiinţa de sine a noastră nu se poate întemeia pe timpul de după 1933. De aceea va trebui să ne bazăm pe realizările anterioare acestei epoci ; or, acestea sînt tocmai vechile ştiinţe şi vechile forme de administraţie. Un al doilea răspuns parţial la întrebarea formulată la început sună de aceea : Noi sîntem prea puţin pregătiţi să abandonăm vechiul şi să creăm cadrul noului. Va trebui să învăţăm, ca să spun aşa, să acceptăm un risc mai mare. îndrăzneala ştiinţifică s-a confirmat în Germania întotdeauna în trecut ; va trebui s-o învăţăm în continuare, trebuie să îmbrăţişăm noul şi să luăm decizii asupra a ceea ce ne pare important sau neimportant.
Deoarece a fost mai înainte vorba despre aspectul administrativ, voi trece la o parte a expunerii mele marcată

în mod deosebit de critică : ce pot face parlamentele şi guvernele pentru a îmbunătăţi situaţia ? Există două probleme foarte disputate : mărimea mijloacelor publice acordate cercetării şi modernizării administrării.
Mai întîi cîteva cifre despre care cred că sînt, într-o anumită măsură, demne de încredere. Procentul din bugetul de stat care este acordat pentru cercetarea ştiinţifică desfăşurată în scopuri nemilitare reprezintă astăzi în alte ţări industrializate, cum sînt America, Anglia, Franţa, circa 4%. In Republica Federală Germania, aproximativ 1,7 pînă la 2o/o, adică aproximativ jumătate. Asemenea cifre sînt, după cum ştie oricine, problematice, deoarece este greu să se calculeze complet sursele respective din diferite ţări şi apoi să se compare. De exemplu, s-ar putea spune că în Republica Federală trebuie să nu se plece de la bugetul federal, ci de la suma dintre bugetul federal şi bugetele landurilor. Prin aceasta lucrurile nu se schimbă însă prea mult. Dacă se iau în considerare numai procentele destinate cercetării ştiinţifice, aşa cum sînt considerate acestea în celelalte ţări, şi dacă se are în vedere faptul că o mare parte a cheltuielilor universităţilor aparţin învăţămîntului, instruirii ştiinţifice, studenţilor etc. şi că numai un mic procent din aceste cheltuieli ale universităţilor pot fi considerate ca fiind destinate cercetării în sens strict, atunci pentru Republica Federală se ajunge din nou la aproximativ acelaşi procent între 1,7 şi 2o/o. Cred astfel că putem pleca cu conştiinţa împăcată de la aceste cifre.
Atunci cînd se discută aceste cifre cu membrii componenţi ai Bundestagului sau ai administraţiei federale, se poate adesea auzi următoarea obiecţie : „Asemenea cjfre nu au putere de convingere pentru noi. Noi vrem să ne fie prezentate proiecte de cercetare individuale bine întemeiate, nu asemenea consideraţii generale, care cu greu pot fi controlate. Să ni se spună despre ce puncte forte este vorba, ce trebuie să se aleagă, vrem să fim informaţi, să participăm la decizii". Această cerinţă este, în general, în mod fundamental îndreptăţită, şi realmente în devizul bugetar al Ministerului Ştiinţei sînt prezentate

proiecte individuale care sînt verificate cu grijă de diferite comisii. Dar în privinţa unor asemenea cerinţe nu trebuie să se plece de la iluzii. în general va trebui să se procedeze la expunerea şi împărţirea bugetului federal la fel cum i se întîmplă unui director de institut, de exemplu, aşa cum mi se în- tîmplă mie atunci cînd schiţez împreună cu colaboratorii planul bugetar al institutului. Multe dintre lucrările propuse nu le pot aprecia eu singur în mod corect. De aceea trebuie să mă bazez pe indicaţiile colaboratorilor mei ; pot face aceasta deoarece mi-am ales colaboratori de încredere. îmi rămîn însă, pe lîngâ aceasta, două criterii în funcţie de care pot lua decizia atunci cînd, aşa cum se întîrnplă de multe ori, cunosc prea puţin lucrurile respective. Primul criteriu este succesul ştiinţific al sectorului respectiv. Voi acorda o parte mai mare unui sector al institutului numai dacă acesta, în medie, într-un interval de timp mai mare a avut un succes deosebit, respectiv voi acorda o parte mai mică dacă lucrarea pare a avea perspective mai mici. Al doilea criteriu mi-l oferă comparaţia cu alte institute care lucrează cu succes din străinătate. Dacă constatăm, de exemplu, că în străinătate în institute de cercetare comparabile cu al nostru pentru un om de ştiinţă sînt încadrate trei forţe ajutătoare, atunci voi admite, dacă nu mi se prezintă contraargumente foarte serioase, că şi în institutul nostru va trebui să tindem spre acelaşi raport.

Am amintit deja că cheltuielile publice pentru cercetarea şi dezvoltarea ştiinţifică în a^e ţări industriale — Anglia, Franţa, Statele Unite — par a fi aproximativ de două ori mai înalte decît în Republica Federală. Desigur, s-ar putea, în principiu, ca ei să greşească şi numai noi să procedăm bine, dar succesele din ultimii 30 de ani nu vorbesc pentru o asemenea concepţie ; înainte însă nu existau asemenea mari diferenţe. O obiecţie auzită uneori în asemenea discuţii este următoarea : „Nu putem pleca, în legătură cu bugetul, pentru a pregăti planurile noastre, de la asemenea cifre comparative, ci doar de la anumite sume în numerar. Dacă încasările din impozite şi prin aceasta bugetele ar fi mai mari, atunci am putea prelua alte cheltuieli

suplimentare, altfel însă va trebui să restrîngeţi voi înşivă aceste cheltuieli". Cu această obiecţie se pune în mod fundamental problema : cum vor trebui să fie modificate cifrele relative dacă bugetul total va fi mai mare sau mai scăzut ? Dacă o asemenea modificare numerică a nivelului bugetului naţional este condiţionată numai de schimbările de valoare ale banilor, adică de schimbări ale puterii de cumpărare a banilor, atunci aceasta nu va trebui să aibă nici un fel de influenţă asupra distribuirii bugetului. Dacă este însă vorba de modificări pur valorice, dacă deci, de exemplu, ca urmare a scăderii eficacităţii tehnice, încasările din impozite totale valoric nu însă şi numeric devin realmente mai mici, atunci nu se mai poate da acest răspuns simplu. Am putea face în acest caz o comparaţie cu o cunoscută situaţie din agricultură. Dacă recolta dintr-un an a fost slabă, ţăranul va mări partea în mod obişnuit destinată seminţei pentru anul viitor sau o va scădea ? Cercetarea ştiinţifică reprezintă în această comparaţie fondul de sămînţă din care vor trebui să crească, şi în trecut s-au dezvoltat, bunăstarea anilor viitori, veniturile din impozite, o organizare corespunzătoare a statului şi multe altele.

Un răspuns parţial la întrebarea pusă la început sună poate astfel : noi am acordat în deceniul trecut pentru cercetarea ştiinţifică numai circa o jumătate din mijloacele publice care sînt acordate în ţările străine comparabile cu noi, de aceea am avut realizări mai mici. Acest răspuns este probabil prea simplu. Nu cred că realizările ştiinţifice ale unui popor sînt atît de nemijlocit proporţionale cu mijloacele financiare alocate. Aceasta o arată şi exemplul Germaniei de după primul război mondial. Dar, indirect, poate tot există o corelaţie. Procentul bugetar întrebuinţat pentru cercetarea ştiinţifică este o măsură a însemnătăţii care îi este public atribuită cercetării ştiinţifice. Această importanţă publică a ştiinţei este probabil un foarte important stimulent pentru tînăra generaţie de a realiza ceva în ştiinţă ; şi aceasta era în anii '20 foarte înaltă. Mai înainte am amintit că stilul cercetării s-a schimbat, iar administraţia noastră are mari dificultăţi să se adapteze

acestui stil. Aş dori să scot în evidenţă aici două probleme, care mi se par a fi deosebit de caracteristice : organizarea marilor institute şi dreptul de liberă deplasare a savanţilor. Marile institute, numite uneori oarecum peiorativ „fabrici de cercetare", sînt institute în care prin mari şi costisitoare mijloace tehnice se urmăreşte un obiectiv de cercetare determinat. Ele au apărut în această formă, în diferite ţări, numai după al doilea război mondial ; ele trebuie finanţate din mijloace publice, întrucît nu produc ceva rentabil, sub raport economic, în mod. nemijlocit. In Republica Federală amintesc aici ca exemplu staţiile de reactoare Karlsruhe şi Jiilich, marele accelerator Desy din Hamburg, Institutul pentru fizica plasmei din Miinchen-Garching. O formă juridică realmente satisfăcătoare pentru aceste institute nu s-a găsit încă. Formele juridice anterioare, în special forma de organizare a instituţiei federale, nu sînt prea corespunzătoare. Ele nu sînt adecvate nici în cazul în care guvernul federal este singurul care finanţează proiectele. Forma instituţiei federale corespunde situaţiei în care este vorba de realizarea continuă a unei munci ştiinţifice de rutină, care poate fi întreprinsă de funcţionari de încredere, grijulii. Dar ea nu corespunde cazului în care trebuie abordate mereu căi ştiinţifice noi, unde curentul puternic al concurenţei internaţionale obligă la o adaptare permanentă la noile cunoştinţe şi metode ştiinţifice, unde trebuie să existe preocuparea pentru un schimb frecvent de cercetători cu alte institute de cercetare din lume pentru a colabora mereu la frontul cel mai avansat al ştiinţei. Consider foarte important ca aici să reuşim noi forme de organizare. S-ar putea folosi tratativele încă neîncheiate asupra Institutului din Miinchen-Garching pentru a descoperi unele căi noi şi mai bune. In posturile superioare ale acestor institute trebuie să activeze oameni de ştiinţă de rang internaţional, aceasta înseamnă însă oameni de ştiinţă cărora li se propun şi din străinătate oferte bune. Aici va fi inevitabilă o anumită acordare la relaţiile din străinătate, din America, de la „Euratom" etc. Nu mai putem aplica în continuare formule ale

administraţiei de pînă acum, întrucît astfel nu vom putea cuceri oamenii cu cea mai înaltă calificare.
De exemplu, noi sîntem obişnuiţi pînă acum să încheiem cu oamenii de ştiinţă contracte tarifare care încep cu salarii relativ modeste, prevăd din doi în doi ani mărirea lor, oferind o bună siguranţă pentru o lungă durată, de multe ori pînă la o vîrstă foarte înaintată. In America contractele se încheie de regulă numai pentru trei pînă la cinci ani ; de măriri nici vorbă, însă salariul iniţial este cel puţin cu 50o/0 mai înalt. Cei mai îndrăzneţi îşi vor asuma bucuroşi riscul unui contract pe trei ani, întrucît ei cred că în trei ani vor putea realiza atît de mult încît să fie din nou angajaţi. Cei mai puţin îndrăzneţi vor prefera siguranţa pentru mai tîrziu. Sistemul nostru tarifar face astfel ca cei mai cutezători să plece mereu în America şi cei mai puţini productivi să rămînă la noi. Dar nu este vorba în nici un caz numai de poziţia materială, adică de cîştigul cercetătorilor respectivi. Un rol la fel de important îl joacă participarea plină de răspundere la cercetările ştiinţifice cele mai moderne sau posibilitatea unei libertăţi în alegerea colaboratorilor, în colaborarea cu institutele din străinătate, în deplasările la aceste institute sau la congrese etc. Simţim din ce în ce mai mult că formele de administraţie vechi, care s-au dovedit corespunzătoare în epocile ante: rioare, sînt astăzi prea înguste şi tocmai de teama acestora nu mai vor să se întoarcă în ţară tinerii care au lucrat o perioadă în Amc- rica. Va trebui să punem deci de acord formele noastre administrative cu acelea din lumea externă. Aplicarea rigidă a principiilor administrative va face imposibil un stil modern al muncii de cercetare ştiinţifică, corespunzător vieţii internaţionale. Ar putea să contribuie, probabil, la îmbunătăţirea situaţiei încetăţenirea şi la noi a unui obicei care în ţările anglo-saxone este demult de la sine înţeles. Acolo se întîlnesc în administraţia de stat oameni care s-au format în domeniul ştiinţei, tehnicii sau economiei şi au o experienţă bogată şi, invers, oameni care au avut funcţii în administraţia de stat trec în posturi administrative de răspundere în institutele de cercetări. O asemenea flexibilitate ar fi extrem de

binevenită şi la noi, în Germania Federală. Rigiditatea ar reprezenta aici cel mai mare pericol. Avem greutăţi cu cercetarea ştiinţifică în ţara noastră deoarece vechile noastre forme administrative nu mai corespund noului stil al ştiinţei.
In problemele controversate privind competenţa trebuie, aşa cum a afirmat domnul cancelar federal în declaraţia guvernului, să se realizeze acorduri între federaţie şi landuri care să reglementeze clar şi raţional, la obiect competenţele ; nu mai este nevoie să insistăm aici asupra acestei probleme. In realitate au apărut însă uneori dificultăţi şi acolo unde, conform constituţiei, guvernul federal poartă cea mai înaltă răspundere, şi anume tocmai în cerce-tarea ştiinţifică. Mă gîndesc aici la mult discutatul titlu 950 din bugetul federal „Promovarea cercetării atomice prin alocaţii pentru modernizarea şi extinderea institutelor ştiinţifice şi a instalaţiilor". De acest titlu depinde încă cercetarea atomică în universităţi. Acest titlu a fost mult scurtat, în anul trecut, într-un moment relativ mai tîrziu, spunîndu-se că se aşteaptă ca landurile să intervină, ţinînd seama de rolul lor cultural. Ce s-a întîmplat prin aceasta, aş putea cel mai bine să explic prin exemplul Institutului Max Planck pentru fizică şi astrofizică din Miinchen, deşi consecinţele pentru multe insti-tute universitare au fost şi mai rele.
Din mijloacele financiare acordate a fost retrasă brusc, ca urmare a acestui ordin, suma foarte înaltă pentru institutul nostru de 700 000 DM. M-am adresat, evident, chiar în ziua în care am primit această comunicare ministerului bavarez al culturii cu întrebarea dacă ne vor putea fi puse la dispoziţie de către el mijloacele care ne lipseau. Răspunsul a fost, uşor de înţeles : din păcate nu este posibil, întrucît asupra mijloacelor ministerului bavarez al culturii s-a dispus demult. Asa nu merge deci. Dacă se consideră necesară o măsură şi se crede că landurile ar putea-o realiza, ar trebui să se asigure mai întîi că ea realmente va fi realizată. Dacă însă se consideră că acea măsură ar fi necesară, atunci trebuie să se spună aceasta clar şi cît mai devreme posibil; căci numai atunci poate fi

condus în mod raţional un institut, dacă se poate şti exact asupra căror mijloace se dispune.
Acum aş dori să mă opresc doar pe scurt asupra unui domeniu al cercetării ştiinţifice care ocupă un loc special din cauza faptului că, pe motivul apărării, marile puteri au făcut în cadrul lui eforturi excepţionale şi deoarece aici împletirea internaţională este încă şi mai strînsă decît în oricare alte domenii. Am în vedere înainte de toate cercetarea atomică şi a spaţiului cosmic. Marile puteri investesc în acest domeniu mijloace enorme, deoarece ele se tem — pe drept sau pe nedrept — de a nu fi întrecute chiar în competiţia tehnică ce formează baza întregii înarmări. Pentru ţările mici, cum este Republica Federală Germania lipseşte acest ultim motiv, intrucît apărarea este în primul rînd o sarcină a marilor puteri, care atrag pc aliaţi numai într-o mică măsură la sarcinile dc apărare. Există însă două temeiuri convingătoare pentru care trebuie să participe la aceste lucrări cu toată energia şi ţări industriale cum este Republica Federală. Enormele eforturi tehnice ale marilor puteri, finanţate din mijloace oficiale, produc o dezvoltare continuă a cunoştinţelor tehnice ; sînt descoperite noi materiale, sînt inventate noi metode, sînt puse în evidenţă noi posibilităţi tehnice ; să ne gîndim la evoluţia aparatelor electronice mici, a maşinilor de calcul, a elementelor de comandă etc. în raport cu proiectarea rachetelor. O ţară care nu lu- craază în domeniile mai sus amintite va rămîne în mod treptat în urmă. îmi aduc aminte de exemplul cu Institutul din Miinchen pe care l-am expus chiar la început ; şi o asemenea ră- mînere în urmă poate avea în perspectivă consecinţe serioase pentru situaţia economică.
Un folos economic nemijlocit nu este legat la început de aceste lucrări, dar despre ele ar putea să fie valabilă indirect cunoscuta parabolă cu ogorul : un părinte lasă fiilor săi moştenire, înainte de moarte, un ogor şi le spune : în el se ascunde o mare comoară, iar atunci cînd eu nu voi mai fi voi va trebui să săpaţi după ea. Aceasta au şi făcut fiii lui, dar nu au găsit nimic în ciuda săpăturilor atente, mereu reluate. Vara următoare însă ogorul a produs

recolte mai bune decît în orice an dinainte, iar în cele din urmă ei au înţeles la ce comoară se referea tatăl lor. In acest fel, folosul indirect de pe urma marilor eforturi tehnice poate fi extrem de mare.
Al doilea temei pentru a participa la aceste cercetări, care este poate unul şi mai concludent, constă în exigenţa colaborării internaţionale. Aceste domenii ale cercetării sînt, tocmai din cauza marilor mijloace investite, practicate în comun de multe state. Republica Federală a fost solicitată să participe la proiectele internaţionale cum sînt proiectele de cercetare ale „Euratomului" la Cern, Esro, Eldo (adică folosirea energiei atomice, fizica energiilor înalte, cercetarea cosmosului şi rachetele) ; Republica Federală a colaborat deja efectiv în ultimii zece ani într-o anumită măsură la instituţia internaţională Cern din Geneva. Dacă se pune întrebarea cît de mult trebuie să participe Republica Federală la asemenea acţiuni, atunci trebuie să ne fie clar de la început că aici este inevitabilă o limitare din cauza mijloacelor care ne stau la dispoziţie. Căci, pe de o parte, contribuţiile la organizaţiile internaţionale sînt deja considerabile, pe de altă parte, participarea are în general un sens numai dacă eşti pregătit să realizezi cu mare energie în propria ţară cercetarea respectivă, adică să se investească în propria ţară mijloace şi mai mari pentru o asemenea cercetare decît pentru organizaţiile internaţionale. Căci ar fi inutilă contribuţia de membru al unei organizaţii internaţionale dacă ea nu ar duce la o dezvoltare rodnică a domeniului respectiv de cercetare în propria ţară ; or, aceasta se poate face numai atunci cînd pe plan intern se fac eforturi deosebite. Astfel, de exemplu, Republica Federală a tras prea puţine foloase din participarea sa la organizaţia Cern deoarece eforturile noastre în domeniul fizicii energiilor înalte au fost neînsemnate. Sperăm că punerea în funcţiune a marelui accelerator Desy din Hamburg va îmbunătăţi mai tîrziu această situaţie.
Luînd în seamă costul înalt şi în creştere pe care îl aduce fiecare asemenea colaborare la proiectele internaţionale, în special în interiorul ţării, va trebui să se chibzuiască mult

la ce se va participa. Nu va fi posibil, cu siguranţă, să participăm la toate. Decizia asupra proiectelor care vor fi alese poate fi luată, ca şi în cazul formării punctelor forte, numai după o consultare atentă în comisii care să fie alcătuite din reprezentanţi ai ministerelor respective şi ai ştiinţei şi tehnicii. Nici tratativele internaţionale nu pot fi purtate satisfăcător fără participarea reprezentanţilor specialişti din domeniul ştiinţei. Dar acolo unde se participă trebuie să se participe cu toată forţa, deci şi în ţară să se facă eforturi mari. Nimic nu este mai puţin îmbucurător, chiar şi în domeniul internaţional, decît o participare care este promisă, dar care se realizează fără tragere de inimă.

Tocmai despre aceste mari şi extraordinar de costisitoare proiecte internaţionale, care sînt de fapt acţiuni ale umanităţii, se întreabă mulţi dacă ele sînt absolut necesare, dacă aceste mari mijloace nu ar putea fi folosite mai bine în alt fel. Cred că este important să ne amintim aici că în Republica Federală noi nu avem decît foarte puţin de hotărît în privinţa lor. Aceste mari proiecte vor fi realizate, indiferent dacă noi participăm sau nu. Noi nu avem de ales decît a fi acolo sau a nu fi. Sîntem, aşadar, în aceeaşi situaţie cu un elev a cărui clasă a hotărît să facă la vară o excursie comună, să zicem, în Scandinavia. Toţi elevii strîng bani, contribuie la adunarea echipamentului, pînze- lor de cort, rucsacurilor şi se bucură deja de călătorie. Elevul nostru însă nu ştie dacă va merge. El se teme de costul excursiei, Scandinavia nu-l interesează în mod deosebit, nici relaţiile lui cu ceilalţi colegi nu sînt dintre cele mai bune. Va trebui să meargă ? Eu cred că el nu trebuie în nici un caz să se mulţumească să depună 20 DM ca mărturie a bunelor lui intenţii. Aceasta nu ar avea nici un sens. Dar ar fi probabil mult mai bine să participe, să meargă într-o ţară necunoscută şi să se bucure de nou. La situaţia noastră actuală aplicat : este absolut sigur că vom putea să păstrăm în propria noastră ţară pe cei mai talentaţi cercetători tineri, să le cîştigăm noi forţele dacă vom participa, dacă ne vom putea bucura de reuşitele marilor proiecte ale umanităţii. Aş dori să cred că aceasta

este valabil pentru cercuri mult mai largi decît pentru tinerii noştri" cercetători. Participarea la marile obiective, chiar dacă realizarea lor cere osteneală şi muncă, chiar dacă nu putem fi atît de siguri de valoarea lor, este pentru mulţi oameni mai mulţumitoare decît numai bunăstarea materială şi comoditatea. Eu nu pot împărtăşi opinia pesimistă asupra concetăţenilor noştri, opinie exprimată adesea în cuvintele : aici se poate impune numai acela care, ca şi în cazul alegerilor politice, promite oamenilor mai puţină muncă, mai mult timp liber, comoditate şi salarii superioare. Oamenii noştri nu sînt de acest gen. Poate cîştiga inima oamenilor şi acela care formulează scopuri înalte şi realmente doreşte să participe la construirea comună a acestei uimitoare lumi moderne. Căci numai acela care participă poate să influenţeze evoluţia acestei lumi în sensul pe care îl crede demn de urmat.

LEGEA NATURII ŞI STRUCTURA MATERIEI

Aici, în această parte a lumii, pe malul Mării Egee, meditau filozofii Leucip şi Democrit asupra structurii materiei, iar acolo jos, în piaţă, discuta Socrate dificultăţile fundamentale ale mijloacelor noastre de expresie ; acolo Platon îi învăţa pe oameni că Ideea, Imaginea reprezintă structura fundamentală aflată dincolo de fenomene. întrebările formulate în această ţară pentru prima dată acum două milenii şi jumătate au preocupat de atunci aproape fără încetare gîndirea umană ; ele au fost mereu dezbătute în decursul istoriei, în momentele în care prin noile evoluţii se modifica lumina în care apăreau vechile moduri de gîndire.

Dacă voi încerca astăzi să discut din nou unele din vechile probleme, problema structurii materiei şi aceea a conceptului de lege a naturii, aceasta se datorează faptului că evoluţia fizicii atomului în vremea noastră a modificat radical reprezentările noastre despre natură şi despre structura materiei. Nu este poate o exagerare nepotrivită să se afirme că unele dintre vechile probleme şi-au găsit în ultimul timp soluţia clară şi definitivă. Astfel, astăzi se poate discuta asupra acestui răspuns nou şi poate definitiv

la acele întrebări care au fost formulate aici cu cîteva milenii în urmă.
Există însă şi un temei mai larg pentru a face din aceste probleme obiectul unei reconsiderări. Filozofia materialismului, care a fost dezvoltată în antichitate de Leucip şi Democrit, s-a aflat odată cu evoluţia ştiinţei naturii din secolul al XVII-lea în centrul multor dezbateri, şi ea a fost — în forma nouă a materialismului dialectic — una dintre forţele motrice ale transformărilor politice din secolele al XlX-lea şi al XX-lea. Dacă reprezentările filozofice asupra structurii materiei pot juca un asemenea rol în viaţa umană, dacă ele au acţionat în civilizaţia europeană aproape ca un exploziv şi poate la fel vor acţiona şi în celelalte părţi ale lumii, atunci este cu atît mai important să ştim ce au de spus asupra acestei filozofii cunoştinţele noastre ştiinţifice actuale. Pentru a ne exprima ceva mai general şi mai corect : putem spera că analiza filozofică a noii evoluţii a ştiinţelor naturii ar putea contribui la înlocuirea opiniilor dogmatice discutabile asupra problemelor fundamentale printr-o acomodare lucidă la o nouă situaţie, care luată ea singură, în sine, ar putea fi considerată ca o revoluţie a vieţii umane de pe Pămînt. Dar, chiar dacă facem abstracţie de influenţa ştiinţelor naturii asupra timpului nostru, ar putea avea interes compararea discuţiilor filozofice din Grecia antică cu rezultatele ştiinţelor experimentale ale naturii şi ale fizicii atomice. Poate anticipez deja rezultatul unei asemenea comparaţii. Pare că în problema structurii materiei Platon a fost mult mai aproape de adevăr decît Leucip sau Democrit, în ciuda enormului succes pe care l-a avut conceptul de atom în ştiinţa modernă a naturii. Este însă necesar să repetăm mai întîi unele dintre cele mai importante argumente care au fost formulate în antichitate în discuţiile asupra materiei şi vieţii, a existenţei şi devenirii înainte de a putea aborda rezultatele ştiinţelor moderne.

1. Conceptul de materie în filozofia antică

La începutul filozofiei greceşti se afla dilema „Unului" şi „Multiplului". Ştim : există o multiplicitate de fenomene

senzoriale mereu schimbătoare. Noi credem totuşi că în cele din urmă va trebui să fie posibil ca ele să se reducă la un principiu unitar. Încercăm să înţelegem fenomenele, şi în măsura în care facem aceasta recunoaştem că orice înţelegere începe cu sesizarea analogiilor şi regularităţilor din lumea fenomenelor. Regularităţile sînt apoi concepute drept consecinţe particulare a ceva care este comun diferitelor fenomene şi care poate fi, de aceea, numit principiu fundamental. în acest fel trebuie ca orice încercare de a înţelege diversitatea schimbătoare a fenomenelor să de-vină o căutare a unui principiu care stă la baza acestora. A fost o trăsătură caracteristică a gîndirii în Grecia antică faptul că primii filozofi au căutat o „cauză materială" a tuturor lucrurilor. Aceasta pare mai întîi ca un principiu extrem de natural pentru o lume care este constituită tocmai din materie. De aici însă ajungem într-o dilemă, şi anume trebuie să răspundem la întrebarea dacă această cauză materială a tuturor fenomenelor ar putea fi identificată cu una dintre formele existente ale materiei, cum ar fi „apa" în filozofia lui TVales sau „focul" în doctrina lui Heraclit, sau ar trebui admisă o substanţă fundamentală căreia materia reală nu-i oferă decît formele trecătoare. Aceste două posibilităţi au fost elaborate în filozofia antică, dar nu trebuie să intrăm în discutarea lor în detaliu.
Dacă se urmăreşte o asemenea idee, atunci principiul fundamental, speranţa într-o simplitate a fenomenelor vor fi corelate cu o „substanţă fundamentală". Se naşte atunci întrebarea în ce loc şi în ce fel poate fi formulată simplitatea în comportarea substanţei fundamentale. Simplitatea nu este observată nemijlocit în fenomene. Apa se poate transforma în gheaţă sau ea poate uda florile de pe Pămînt. Dar cele mai mici părţi ale apei, care sînt identice, poate, în gheaţă, în aburi sau în flori, ar putea reprezenta simplul. Comportarea lor ar putea fi determinată de legi simple, iar aceste legi ar putea fi apoi formulate.
In acest fel, conceptul de „cele mai mici părţi ale materiei" reprezintă o consecinţă naturală a tendinţei spre simplitate

atunci cînd atenţia este îndreptată înainte de toate asupra materiei, asupra cauzei materiale a tuturor lucrurilor.
Pe de altă parte, acest concept de „cele mai mici părţi ale materiei", ale căror legităţi pot fi înţelese simplu, conduce imediat la cunoscutele greutăţi care sînt corelate cu conceptul de infinit. O bucată de substanţă poate fi divizată, părţile pot fi şi ele divizate în bucăţi şi mai mici, acestea vor fi împărţite mai departe etc., dar cu greu ne putem închipui că această divizare ar putea fi continuată mereu, la nesfîrşit. Ne pare firesc să admitem că există părţi extrem de mici, care nu mai pot fi împărţite. Pe de altă parte, nu ne putem reprezenta nici faptul că, în principiu, ar putea fi imposibil ca aceste minuscule părţi să fie divizate mai departe. Ne putem închipui, cel puţin ideal, părţi şi mai mici, putem gîndi că la dimensiuni mult mai mici vom înt-îlni aceleaşi relaţii ca şi la dimensiunea obişnuită. Sîntem astfel conduşi, evident, la dificultăţi de propria noastră capacitate de reprezentare atunci cînd încercăm să ne imaginăm procesul unei diviziuni peimanente. Acest fapt a fost observat deja de filozofii greci, „ipoteza atomului", reprezentarea unor părţi extrem de mici indivizibile putînd fi concepută ca prima cale, naturală, de a ieşi din aceste dificultăţi.
întemeietorii doctrinei atomiste, Leucip şi Democrit, încercaseră să înlăture greutăţile prin acceptarea ideii că atomul ar fi veşnic şi indestructibil, el reprezentînd existenţa autentică, propriu-zisă. Toate celelalte lucruri ar exista numai întrucit ele sînt constituite din atomi. Antiteza dintre „Existenţă" şi „Nonex's- tenţă" din filozofia lui Parmenide a fost aici redată mai grosolan prin antiteza dintre „plin" şi „vid". Existenţa nu este doar Unul, ea poate fi repetată de un număr infinit de ori. Existenţa este indestructibilă, de aceea şi atomul este indestructibil. Vidul, spaţiul vid dintre atomi, face posibile mişcarea şi poziţia, face posibile proprietăţile atomilor, pe cînd Existenţa pură, pentru a spune astfel, nu poate avea prin definiţie altă proprietate decît pe aceea a fiinţării pure. Această ultimă parte a doctrinei lui Leucip şi Democrit formează în acelaşi timp tăria şi slăbiciunea teoriei lor. Pe

de o parte, ea oferă o explicaţie nemijlocită pentru diferitele stări- agregat ale materiei, cum sînt gheaţa, apa, vaporii de apă, prin faptul că atomii pot sta unii lîngă alţii dens împachetaţi şi ordonaţi sau ei pot fi concepuţi ca mişcîndu-se neordonat şi neregulat, sau, în fine, ei ar putea fi împrăştiaţi la distanţe reciproce relativ mari. De aceea, această parte a ipotezei atomului s-a dovedit mai tîrziu extrem de plină de succes. Pe de altă parte, atomul este astfel o piatră de construcţie a materiei ; proprietăţile, poziţia şi mişcarea sa în spaţiu îl fac ceva cu totul diferit decît se înţelegea prin conceptul originar de „Existenţă". Atomii pot avea o întindere finită, iar prin aceasta s-a pierdut, în cele din urmă, ultimul argument pentru indivizibilitatea lor. Dacă atomul posedă însuşiri spaţiale, de ce nu ar putea să fie divizat; cel puţin, indivizibilitatea sa devine o proprietate doar fizică, nu una fundamentală. Pot fi formulate din nou întrebări asupra structurii, şi apare pericolul pierderii acelei simplităţi pe care speram s-o aflăm la cele mai mici părţi ale materiei. Astfel s-a născut impresia că ipoteza atomului, în forma sa originară, nu a fost suficient de subtilă pentru a explica ceea ce filozofii voiau realmente să înţeleagă : ceea ce este simplu în apariţiile şi în structura materiei.
Ipoteza atomului oferă totuşi o bucată de drum în direcţia corectă. întreaga diversitate a fenomenelor, multiplele însuşiri observabile ale materiei pot fi reduse la poziţia şi mişcarea atomilor. însuşiri cum ar fi mirosul sau culoarea sau gustul nu sînt proprii atomului. Ele pot fi produse indirect prin poziţia şi mişcarea atomilor. Poziţia şi mişcarea păreau a fi concepte mult mai simple decît calităţile empirice cum sînt gustul, mirosul sau culoarea. Rămîne însă în mod natural întrebarea prin ce sînt determinate poziţia şi mişcarea atomilor. Filozofii greci nu au încercat să formuleze aici o lege a naturii ; conceptul modern de lege a naturii nu corespundea modului lor de gîndire. Oricum ei par a se fi gîndit la o oarecare formă de descriere cauzală, de determinism, (întrucît ei vorbeau despre necesitate, cauză şi acţiune.

Ipoteza atomului a fost formulată cu intenţia de a indica drumul de la „mulţi" la „Unul", de a formula principiul fundamental subiacent, cauza materială pe baza căreia se pot înţelege toate fenomenele. Atomii puteau fi consideraţi cauza materială, dar numai o lege generală care să determine poziţia şi mişcarea lor putea să joace realmente rolul unui principiu fundamental. Dacă filozofii greci au discutat legitatea naturii, gindurile lor au fost îndreptate asupra formelor statice, asupra simetriilor geometrice, nu asupra proceselor din spaţiu şi timp. Orbitele planetelor, corpurile geometrice regulate apăreau ca structurile neschimbătoare ale lumii. Ideea modernă după care poziţia şi mişcarea atomilor la un timp determinat ar putea fi corelate univoc printr-o lege matematică cu poziţia şi mişcarea lor la un timp ulterior nu corespundea orientării modului de gîndire din acea perioadă, deoarece conceptul de timp este întrebuinţat de această idee într-o manieră care s-a născut numai în gîndirea unei epoci mult mai tîrzii. Atunci cînd Platon a atacat el însuşi problema schiţată de Leucip şi Democrit, el a preluat reprezentarea despre cele mai mici părţi ale materiei, dar el a contrazis strict tendinţa acelei filozofii care accepta atomul ca fundament al întregii existenţe, ca singurul obiect material realmente existent. Atomii lui Platon nu erau propriu-zis materie, ei au fost concepuţi ca forme geometrice, ca acele corpuri regulate ale matematicienilor. Aceste corpuri erau, în acord cu premisele filozofiei sale idealiste, într-un anumit mod, ideile care stăteau la baza structurii materiei şi care caracterizau comportarea fizică a elementelor cărora ele le aparţineau. Cubul, de exemplu, era cea mai mică particulă a elementului Pămînt şi prin aceasta simboliza, în acelaşi timp, stabilitatea Pămîntului. Tetrae- drul, cu vîrfurile lui asouţie, reprezenta cea mai mică parte a elementului Foc. Icosaedrul, care între corpurile regulate se aproprie cel mai mult de sferă, reprezenta mobilitatea elementului Apă. în acest fel, corpurile regulate puteau reprezenta simbolurile unor anumite tendinţe ale comportării fizice a materiei.

Ele nu erau însă propriu-zis atomi, nu erau unităţi fundamentale indivizibile în sensul filozofiei materialiste. Platon le considera ca fiind compuse din triunghiuri, care formau suprafeţele lor exterioare ; şi de aceea aceste părţi in-fime puteau fi transformate unele în altele prin substituirea triunghiurilor. De exemplu, doi atomi de aer şi un atom de foc puteau să compună un atom de apă. In acest fel Platon a putut depăşi problema divizibilităţii infinite a mate-riei. Deoarece triunghiurile erau suprafeţe bidimensionale, nu corpuri, nu mai erau materie, de aceea materia nu mai putea fi divizată la infinit. Conceptul de materie se dizolvă astfel, la limita inferioară, adică în domeniul celor mai mici dimensiuni spaţiale, în conceptul de formă matematică. Această formă este determinată mai întîi pentru comportarea celor mai mici părţi ale materiei şi după aceea pentru comportarea materiei înseşi. Ea înlocuieşte într-o anumită măsură legea naturii din fizica ulterioară ; întrucît ea caracterizează, fără a se raporta explicit la procesul temporal, tendinţele în comportarea materiei. S-ar putea spune că tendinţele fundamentale au fost reprezentate prin forma geometrică a celor mai mici unităţi, în timp ce particularităţile mai fine ale acestor tendinţe îşi găseau expresia în poziţia reciprocă şi viteza acestor unităţi.

Această întreagă descriere corespunde exact imaginii centrale a filozofiei idealiste a lui Platon. Structura care stă la baza fenomenelor nu este dată prin obiecte materiale cum sînt atomii lui Democrit, ci prin forma care determină obiectele materiale. Ideile sînt mai fundamentale decît obiectele. Şi, deoarece cele mai mici părţi ale materiei trebuiau să fie obiectele în care să se poată recunoaşte simplitatea lumii, prin care să ne apropiem de „Unul", de „Unitatea" lumii, ideile puteau fi descrise matematic ; ele sînt simple forme matematice. Teza, care în această formă provine de la o perioadă mai tîr- zie a filozofiei, „Dumnezeu este un matematician" îşi are rădăcina în acest punct al filozofiei platoniciene.

Importanţa acestui pas în gîndirea filozofica nu se poate aprecia îndeajuns de mult. El poate fi considerat ca

începutul decisiv al ştiinţei matematice a naturii şi prin aceasta el ar putea fi făcut răspunzător şi pentru aplicaţiile tehnice ulterioare, care au schimbat în întregime imaginea lumii. Tocmai cu acest pas s-a fixat şi ceea ce va trebui să semnifice cuvîntul „a înţelege". Dintre toate formele posibile ale înţelegerii a fost aleasă forma care se practică în matematică ca înţelegerea „propriu-zisă". In timp ce totuşi orice limbaj, orice artă, orice poezie ne oferă într-o manieră anumită înţelegerea, se af;rmă aici că numai întrebuinţarea unui limbaj precis, logic închis, a unui limbaj care să poată fi formalizat atît de mult încît să devină posibile demonstraţiile, numai ea ne poate duce la adevărata înţelegere. Se înţelege cît a fost de puternică impresia pe care a făcut-o puterea de convingere a argumentelor logice şi matematice asupra filozofilor greci. Ei au fost pur şi simplu copleşiţi de această putere. Dar au capitulat poate în acest punct prea devreme.

2. Răspunsul ştiinţelor moderne ale naturii la problemele antice

Deosebirea cea mai importantă dintre ştiinţele moderne ale naturii şi filozofia naturii antică se întemeiază pe metodele întrebuinţate. In timp ce în folozofia antică era considerată suficientă cunoaşterea empirică a fenomenelor naturii pentru a se trage concluzii asupra principiilor subiacente, o trăsătură caracteristică a ştiinţei moderne este aceea de a efectua experimente, adică de a pune naturii întrebări specifice, ale căror răspunsuri ar putea oferi apoi informaţii asupra legităţilor. Această metodă diferită conduce mai departe la un mod de cercetare complet diferit. Atenţia nil se mai îndreaptă atît de mult asupra legilor de bază cît mai mult 'asupra regularităţilor din fenomenele particulare. Ştiinţele naturii se dezvoltă, pentru a spune astfel, pe baza unei alte intenţii, nu aceea a legilor generale, ci a grupurilor de fenomene individuale în cadrul cărora natura ne-a răspuns la întrebările noastre experimentale. Din timpul în care Galilei, conform legendei, a lăsat să cadă piatra sa din Turnul din Pisa pentru a studia legile căderii, ştiinţele naturii se ocupă cu particularităţile celor mai diferite evenimente, cu pietre

care cad, cu mişcarea Lunii în jurul Pămîntului, cu undele de apă, cu razele de lumină care sînt descompuse printr-o prismă ş.a.m.d. însuşi Isaac Newton, atunci cînd a făcut în capodopera sa, Principia mathema- tica, inteligibile diferitele procese mecanice printr-o lege unitară, îşi orientase atenţia asupra detaliilor care puteau fi derivate din principiul matematic fundamental. Rezultatul co-rect al derivării detaliilor, adică acela care corespunde experienţei, era considerat criteriul decisiv pentru valabilitatea teoriei.

Această modificare a întregii modalităţi de a considera cunoaşterea a avut şi alte consecinţe importante. O cunoaştere precisă a particularităţilor individuale poate fi folositoare practicii. Ea dă posibilitate omului să dispună de fenomene, în cadrul unor anumite limite, după voinţa sa. Aplicaţiile tehnice ale ştiinţei moderne ale naturii au început astfel prin cunoaşterea detaliilor. Prin aceasta îşi modifică în mod considerabil semnificaţia şi conceptul de „lege a naturii" ; (greutatea principală nu mai cade pe universalitate, ci pe consecinţele care privesc aspectele particulare. Legea devine o instrucţiune pentru aplicaţiile tehnice. Drept cea mai importantă trăsătură a legii naturii este acum considerată posibilitatea ei de a întemeia previziunea asupra a ceea ce se va petrece într-un experiment dat.

Se poate înţelege uşor că conceptul de timp trebuie să joace ,într-o asemenea ştiinţă un roi diferit decît acela din filozofia antică. într-o lege a naturii nu va fi formulată o structură veşnică, imuabilă, ei este vorba despre regularitatea din cadrul modificărilor ce se petrec în timp. Dacă o lege a naturii de acest gen este formulată într-un limbaj matematic exact, atunci imediat se propun un mare număr de experimente diferite, pe care el le-ar putea realiza pentru a verifica corectitudinea legii afirmate. O singură neconcordanţă dintre teorie şi experiment ar putea infirma teoria. Această situaţie dă formulării matematice a unei legi a naturii o enormă greutate. Dacă toate faptele experimentale cunoscute corespund cu evenimentele care pot fi deduse matematic din lege, atunci devine

extraordinar de greu să ne îndoim de valabilitatea universală a legii. De aceea este de înţeles de ce Principia a lui Newton au dominat ştiinţele naturii mai mult de două secole.
Dacă se urmăreşte istoria fizicii de la Newton pînă astăzi se poate recunoaşte că, în ciuda interesului pentru detalii, au fost formulate în mai multe rînduri legi ale naturii foarte generale. In secolul al XlX-lea a fost elaborată exact termodinamica statistică. Teoria cîmpu- rilor electromagnetice şi teoria specială a relativităţii au putut fi unite într-un grup foarte general de legi ale naturii care conţin enunţuri nu doar asupra fenomenelor electrice, ci şi asupra structurii spaţiului şi timpului. în secolul nostru, formularea matematică a teoriei cuantice a condus la o înţelegere a multitudinii deosebite de atomi chimici şi, prin aceasta, a proprietăţilor chimice ale materiei în general. Re-laţiile şi legăturile dintre aceste legi diferite, în special dintre teoria relativităţii şi teoria cuantică, nu au fost încă suficient clarificate. însă cea mai recentă evoluţie a fizicii particulelor elementare îndreptăţeşte speranţa că aceste relaţii vor putea fi analizate satisfăcător într-un viitor relativ apropiat. De aceea s-ar putea considera de pe acum ce răspuns ar putea fi dat la întrebările filozofilor antici plecînd de la această întreagă evoluţie ştiinţifică.
In timpul secolului al XlX-lea, evoluţia chimiei şi a termodinamicii a urmat îndeaproape reprezentările care au fost formulate pentru prima dată de Leucip şi Democrit. Reluarea filozofiei materialiste în forma ei modernă, aceea a materialismului dialectic, a reprezentat, de aceea, replica naturală faţă de progresul uimitor care s-a realizat în acea perioadă în chimie şi fizică. Conceptul de atom s-a dovedit extrem de rodnic In explicarea legăturilor chimice sau a comportării fizice a gazelor. Desigur, s-a constatat mai tîrziu că particulele care au fost numite de chimişti atomi sînt alcătuite din unităţi şi mai mici. Dar aceste elemente şi mai mici, electronii, apoi nucleul atomic şi, în cele din urmă, particulele elementare, protonii şi neutronii, păreau a fi tocmai atomi chiar în sensul filozofiei materialiste. Faptul că o particulă elementară individuală ar putea fi cel

puţin observată — de exemplu într-o cameră Willson sau cu bule — sprijină ideea că cele mai mici unităţi ale materiei ar fi realmente obiecte fizice, care ar exista în acelaşi sens cu, de exemplu, pietrele sau florile.
Dar dificultăţile imanente doctrinei atomice materialiste, care deveniseră evidente deja în discuţiile antice asupra celor mai mici particule, au apărut pe prim plan foarte clar şi în evoluţia fizicii din secolul nostru. Mai întîi este problema divizibilităţii nesfîrşite a materiei. Aşa-numiţii atomi ai chimistului s-au dovedit a fi compuşi din nuclee şi electroni. Nucleul atomic a fost divizat în protoni şi neutroni. Nu este posibil, aşa trebuie să ne întrebăm, ca şi particulele elementare să fie mai departe vizibile ? Dacă răspunsul la această întrebare sună „da", atunci particulele elementare nu sînt atomi în sensul grecilor, nu sînt unităţi indivizibile. Dacă el sună „nu", atunci trebuie să se explice de ce ele nu mai pot fi divizate mai departe. Pînă acum a fost însă mereu posibil ca, în cele din urmă, să fie despicate şi acele particule care au fost multă vreme considerate ca cele mai mici unităţi dacă pentru aceasta se întrebuinţau forţe suficient de mari. De aceea era uşor să se admită că prin mărirea forţelor, adică, simplu, prin mărirea energiei în cazul ciocnirilor particulelor, vor putea fi divizaţi, în cele din urmă, şi neutronii şi protonii. Sau aceasta ar fi însemnat probabil că în general nu se ajunge la un sfîrşit, că nu există asemenea cele mai mici elemente ale materiei. înainte de a intra în discutarea soluţiei actuale a acestei probleme trebuie să amintesc şi cea de-a doua dificultate. Această dificultate se referă la întrebarea dacă cele mai mici unităţi sînt obiecte fizice obişnuite, dacă ele există în aceeaşi modalitate cu pietrele sau florile. Aici dezvoltarea teoriei cuantice în urmă cu circa 40 de ani a creat o situaţie complet modificată. Legile formulate matematic ale teoriei cuantice arată clar că noţiunile noastre intuitive obişnuite nu mai pot fi întrebuinţate într-o manieră neambiguă pentru cele mai mici partic^e. Toate cuvintele sau conceptele cu care descriam obiectele fizice obişnuite, cum ar fi poziţia, viteza, culoarea, mărimea etc., devin nedeterminate şi problematice dacă vom încerca să le

aplicăm la cele mai mici particule. Nu pot aici să intru în detaliile acestei problematici, atît de des discutată în ultimele decenii. Este însă important să se constate că, în timp ce comportarea celor mai mici particule nu poate fi descrisă neambiguu în limbajul obişnuit, limbajul matematic este totuşi su-ficient pentru a stabili univoc stările de lucruri.
Cele mai recente progrese din domeniul fizicii particulelor elementare au oferit şi o soluţie la prima problemă numită mai sus, la enigma privitoare la divizibilitatea infinită a materiei,
In diferite regiuni ale lumii au fost construite, după război, mari acceleratoare pentru ca, dacă e posibil, să fie divizate mai departe şi cele mai mici particule. Rezultatele se arată a fi foarte surprinzătoare pentru cei care nu au învăţat că noţiunile noastre obişnuite nu corespund celor mai mici unităţi ale materiei. Dacă două particule elementare cu o energie extrem de înaltă se ciocnesc, atunci, de regulă, ele se transformă realmente în părţi, adesea chiar în multe asemenea părţi, dar părţile nu sînt mai mici decît particulele care sînt divizate. Independent de energia de care se dispune (cu condiţia ca aceasta să fie suficient de mare), se nasc în asemenea ciocniri mereu acelaşi gen de particule, pe care le cunoaştem de un număr de ani. Chiar în razele cosmice, în care energia de care dispune o particulă poate fi de mii de ori mai mare decît aceea din cele mai mari acceleratoare, nu au fost găsite alte particule sau particule mai mici. Sarcina lor, de exemplu, poate fi măsurată uşor şi ea este întotdeauna un multiplu întreg al sarcinii electronului sau egală cu aceasta.
De aceea, aceste procese de ciocnire se pot cel mai bine descrie nu prin a afirma că particulele care se ciocnesc s-ar divide, ci vorbind de apariţia unor noi particule din energia de ciocnire în acord cu legile teoriei relativităţii. Se poate spune că toate particulele sînt făcute din aceeaşi substanţă fundamentală, pe care am putea-o numi energie sau materie ; sau s-ar putea formula astfel : substanţa fundamentală „Energie" devine „Materie" prin aceea că ea se emite în forma unei particule materiale. In acest mod,

noile experimente ne-au instruit că ambele afirmaţii aparent contradictorii „Mate-ria este infinit divizibilă" şi „Există cele mai mici unităţi ale materiei" pot fi puse în acord, fără a intra în dificultăţi logice. Acest rezultat surprinzător subliniază din nou faptul că noţiunile noastre obişnuite nu pot fi aplicate ne-ambiguu la aceste unităţi elementare.

In anii care vor urma, acceleratorii cu energii înalte ne vor pune la dispoziţie un număr şi mai mare de detalii asupra comportării particulelor elementare. Dar aş dori să cred că răspunsul formulat mai sus la problemele filozofice antice se va dovedi definitiv. Dacă se va întîmpla astfel, acest răspuns dă dreptate concepţiei lui Democrit sau celei a lui Platon ?

Cred că fizica modernă a decis în acest punct în mod decisiv în favoarea lui Platon. Deoarece cele mai mici unităţi ale materiei nu reprezintă, de fapt, obiecte fizice în sensul obişnuit al cu- vîntului, ci ele sînt forme, structuri sau — în sensul lui Platon — idei, asupra cărora putem să vorbim neambiguu numai în limbajul matematicii. Speranţa comună a lui Democrit şi Platon fusese aceea ca prin cele mai mici unităţi ale materiei să se apropie de „Unul", de principiul unitar care reglează mersul cosmosului. Platon era convins că acest principiu va putea fi exprimat şi înţeles numai în formă matematică. In prezent, problema centrală a fizicii teoretice este formularea matematică a legilor na-turii care stau la baza comportării particulelor elementare. Conchidem din situaţia experimentală că o teorie satisfăcătoare a particulelor elementare va trebui să fie în acelaşi timp o teorie a fizicii în general; prin aceasta, o teorie a tuturor fenomenelor care aparţin fizicii.

In acest fel ar putea fi formulat un program, care a apărut în epoca contemporană mai întîi în opera lui Einstein : ar putea fi formulată o teorie unitară a materiei — totodată şi o teorie cuantică a materiei — care să servească drept fundament fizicii în toată generalitatea ei. Deocamdată încă nu ştim dacă formele matematice care au fost propuse pentru acest principiu unitar sînt suficiente ori vor trebui înlocuite prin forme şi mai abstracte. Cunoştinţele noastre

actuale asupra particulelor elementare sînt însă cu siguranţă suficiente pentru a ne da seama care va trebui să fie conţinutul principal al acestei legi. Ea va trebui să reprezinte în esenţă un mic număr de proprietăţi de simetrie ale naturii, care sînt empiric cunoscute de cîteva de-cenii, iar pe lîngă aceste simetrii ea va trebui să conţină principiul cauzalităţii, înţeles în sensul teoriei relativităţii. Dintre simetrii, cele mai importante sînt aşa-numitul grup Lorentz al teoriei speciale a relativităţii, care conţine afirmaţiile decisive asupra spaţiului şi timpului, şi aşa-numitul grup isospin, care are de-a face cu sarcina electrică a particulelor elementare. Există şi alte simetrii, de care însă nu putem vorbi aici. Cauzalitatea relativistă este legată de grupul Lorentz, ea însă trebuie să fie valabilă ca un principiu independent.

Această situaţie ne aminteşte imediat de corpurile simetrice pe care lena introdus Platon pentru a explica structurile fundamentale ale materiei. Simetriile lui Platon nu erau cele corecte, dar el avea dreptate în convingerea că, în cele din urmă, în centrul naturii, la nivelul celor mai mici unităţi ale materiei, se vor găsi simetriile matematice. Faptul că filozofii antici au formulat întrebările corecte a fost o realizare incredibilă. Nu ne puteam aştepta ca ei — fără cunoaşterea tuturor detaliilor empirice — să fi putut găsi şi răspunsurile corecte pînă la detalii.

3. Consecinţe pentru dezvoltarea gîndirii umane în epoca noastră

Căutarea „Unului", a celor mai adînci izvoare ale oricărei înţelegeri, a reprezentat într-o egală măsură originea religiei şi a ştiinţei. Dar metoda ştiinţifică care s-a dezvoltat în secolele al XVI-lea şi al XVII-lea, interesul pentru detaliul verificabil experimental au orientat pentru multă vreme ştiinţa pe alt drum. Nu este surprinzător că această atitudine a putut să ducă la un conflict între ştiinţă şi religie atîta vreme cît o legitate contrazicea în elementele particulare, într-un detaliu poate deosebit de important, imaginea generală, modul în care s-a vorbit asupra acestor fapte în religie. Acest conflict, care a început în epoca modernă cu celebrul proces împotriva lui

Galilei, a fost adesea destul discutat ; nu aş dori să repet aici aceste discuţii. Poate ne-am putea aminti de faptul că încă în Grecia antică Socrate a fost condamnat la moarte întrucît teoria sa părea să contrazică religia tradiţională. în secolul al XlX-lea, acest conflict a atins punctul maxim în încercarea unor filozofi de a înlocui religia creştină prin- tr-o filozofie ştiinţifică, care se întemeia pe ver-siunea materialistă a dialecticii lui Hegel. S-ar putea spune că oamenii de ştiinţă au încercat din nou să găsească drumul de la multiplicitatea particularului la „Unul" prin aceea că ei şi-au orientat atenţia asupra interpretării materialiste a „Unului". Dar n;ci aici nu poate fi uşor vindecată ruptura dintre „Unul" şi „Mulţi". Nu este o pură întîmplare că în unele state în care în secolul nostru materialismul dialectic a fost transformat în profesiune de credinţă oficială conflictul dintre ştiinţă şi teoria recunoscută nu poate fi complet evitat. Căci şi aici un rezultat ştiinţific particular, un rezultat al unor observaţii noi poate să intre, evident, în contradicţie cu doctrina oficială. Dacă este adevărat că armonia într-o comunitate se naşte din relaţia ei cu „Unul" — în orice noţiuni s-ar vorbi despre „Unul" —, atunci se poate uşor înţelege că o contradicţie evidentă între un rezultat ştiinţific particular, încetăţenit, şi modul recunoscut de a vorbi despre „Unul" devine o problemă serioasă. Istoria ultimelor decenii conţine mai multe exemple de dificultăţi politice care au avut un astfel de punct de plecare. Din aceasta se poate învăţa că nu este vorba în primul rînd de o luptă între două doctrine care se contrazic, cum ar fi materialismul şi idealismul, ci de disputa dintre metoda ştiinţifică, anume aceea a explorării particularului, pe de o parte, şi relaţia comună faţă de „Unul", pe de altă parte. Marele succes al metodei ştiinţifice, cu încercările şi erorile ei, exclude în epoca noastră acea definiţie a adevărului care nu rezistă criteriilor stricte ale acestei metode. In acelaşi timp însă pare a fi un rezultat sigur al ştiinţelor sociale ideea că ponderea internă a unei societăţi, cel puţin într-o măsură determinată, se întemeiază pe o relaţie comună cu „Unul". De aceea căutarea acestuia nu poate fi uitată.

Dacă ştiinţa modernă contribuie cu ceva la rezolvarea problemei, aceasta se întîmplă nu pentru că ea ar decide în favoarea sau în contra uneia dintre aceste doctrine ; de exemplu, aşa cum poate s-a crezut în secolul al XlX-lea, în favoarea materialismului şi împotriva filozofiei creştine sau, aşa cum cred eu acum, în favoarea idealismului lui Platon şi împotriva materialismului lui Democrit. Dimpotrivă, în cazul acestei probleme putem trage anumite foloase din progresul ştiinţelor moderne ale naturii înainte de toate prin faptul că noi învăţăm cît de prevăzători trebuie să ne comportăm cu limbajul, cu semnificaţiile cuvintelor. De aceea aş dori să folosesc ultima parte a discursului meu pentru cîteva observaţii asupra problemei limbajului în ştiinţele moderne ale naturii şi în filozofia antică.

Dacă am putea să dăm crezare aici dialogurilor lui Platon, graniţele inevitabile ale mijloacelor noastre de expresie constituiau deja tema centrală în filozofia lui Socrate ; s-ar putea chiar spune că întreaga sa viaţă a fost o luptă necontenită cu aceste limite. Socrate nu ostenea deloc să explice concetăţenilor săi pe străzile Atenei că ei nu ştiu exact ce înţeleg prin cuvintele pe care le întrebuinţează. Se povesteşte că unul dintre oponenţii lui Socrate, un sofist, enervîndu-se că Socrate reveneau mereu la această insuficienţă a limbajului, l-a criticat şi i-a spus : „Dar, Socrate, este totuşi plictisitor ; tu spui mereu acelaşi lucru despre acelaşi lucru". Socrate ar fi răspuns : „Voi, sofiştii, însă, care sînteţi atît de inteligenţi, nu spuneţi poate niciodată acelaşi lucru despre acelaşi lucru".

Cauza pentru care Socrate a pus atît de mult accentul pe această problemă a limbajului era aceea că el ştia, pe de o parte, cît de multe neînţelegeri pot fi produse de o întrebuinţare superficială a limbajului, cît de important este să se folosească expresii precise şi să se clarifice conceptele înainte de a le fi folosit. Pe de altă parte, îi era, de asemenea, clar şi faptul că aceasta trebuie să reprezinte, în cele din urmă, o sarcină insolubilă. Situaţia cu care noi sîntem confruntaţi în încercarea de a „înţelege" ne poate duce la concluzia că mijloacele noastre de

expresie existente nu permit o descriere clară şi neambiguă a stărilor de fapt.
Divergenţa dintre exigenţa unei claritǎţi complete şi insuficienţa inevitabilă a conceptelor existente s-a manifestat deosebit de pregnant în ştiinţele moderne ale naturii. în fizica atomică folosim un limbaj matematic extrem de elaborat, care corespunde tuturor pretenţiilor referitoare la claritate şi precizie. în acelaşi timp recunoaştem că nu putem exprima în mod neambiguu fenomenele atomice într-o limbă naturală oarecare; de exemplu, nu putem vorbi neambiguu asupra comportării electronului în interiorul unui atom. Ar fi o concluzie pripită să pretindem acum că vom înlătura aceste dificultăţi dacă ne vom limita la folosirea limbajului matematic. Aceasta nu este realmente o ieşire, întrucît noi nu ştim cît de departe poate fi aplicat limbajul matematic la fenomene. în cele din urmă, şi ştiinţa trebuie să se bizuie pe limbajul obişnuit, singurul despre care sîntem siguri că prin el putem realmente cuprinde fenomenele.
Această situaţie aruncă o anumită lumină asupra divergenţei amintite dintre metoda ştiinţifică şi relaţia societăţii cu „Unul", cu principiul subiacent fenomenelor. Pare de la sine înţeles că această ultimă relaţie nu poate fi sau nu trebuie să fie exprimată într-un limbaj precis foarte artificial, a cărui aplicabilitate la realitate ar putea fi extrem de restrînsă. Pentru acest scop este proprie numai limba naturală, care trebuie înţeleasă de către toţi. Rezultate serioase ale ştiinţei pot fi obţinute Insă numai prin stipulări univoce, aici nu putem reuşi fără precizia şi claritatea unui limbaj matematic abstract.
Această necesitate de a media permanent între cele două limbaje este în mod nefericit un izvor permanent de neînţelegeri, întrucît adesea se folosesc aceleaşi cuvinte în ambele limbaje. Această dificultate nu poate fi înlăturată. Ne-ar putea fi însă de un anumit folos să ne reamintim că ştiinţa modernă a naturii trebuie să folosească ambele limbaje, că acelaşi cuvînt poate avea sensuri foarte diferite în ambele limbaje, că sînt valabile diferite criterii de

adevăr şi că, de aceea, nu trebuie să vorbim prea repede despre contradicţii.
Dacă dorim să ne apropiem de „Unul" în conceptele precise ale unui limbaj ştiinţific, atunci trebuie să avem în vedere centrul ştiinţelor naturii descris deja de Platon, în care se află simetriile matematice fundamentale. In modul de gîndire al acestui limbaj trebuie să ne mulţumim cu constatarea : „Dumnezeu este matematician" ; căci în mod voit ne-am limitat privirea la acel domeniu al existenţei care poate fi înţeles (în sensul matematic al cuvîntului „a înţelege"), care poate fi descris raţional.
Platon însuşi nu s-a mulţumit cu această limitare. După ce el a arătat cu o extremă claritate posibilităţile şi limitele limbajului precis, s-a îndreptat spre limbajul poetului, care produce reprezentări în ascultător, care îi mijloceşte o cu totul altă modalitate de înţelegere. Nu pot discuta aici ce poate însemna realmente acest gen de înţelegere. Probabil că aceste imagini sînt legate de formele inconştiente ale gîndirii noastre, desemnate de psihologi ca arhetipuri, forme de un puternic caracter emoţional, care oglindesc într-o oarecare modalitate structurile intime ale lunri. Dar, oricare ar putea fi explicaţia acestor alte forme ale înţelegerii, limbajul imaginilor şi parabolelor este, probabil, singurul mod de a ne apropia aici de „Unul" într-un cadru mai general. Dacă armonia dintr-o societate se întemeiază pe interpretarea comună a „Unului", a principiului unitar subiacent fenomenelor, atunci în acest punct limbajul poetului ar putea fi mai important decît acela al ştiinţei.
IMAGINEA NATURII LA GOETHE ŞI LUMEA TEHNICII ŞI ŞTIINŢEI
Imaginea lui Goethe despre natură şi lumea tehnicii şi ştiinţei, această temă este la fel de veche ca şi strădaniile lui Goethe de a înţelege natura, ca şi propria sa ştiinţă a naturii ; căci Goethe a trăit el însuşi începuturile lumii tehnice şi natural-ştiinţifice care ne înconjură astăzi. Asupra acestei problematici s-au spus multe de către el, de către contemporanii lui, de savanţii şi filozofii de după el. Ştim de multă vreme ce mare importanţă a avut în viaţa lui Goethe această problemă ; ştim, de asemenea, că toate

aspectele lumii noastre actuale sînt puse în discuţie dacă vom măsura realizările noastre tehnico-ştiinţifice cu exigenţele lui Goethe. S-a arătat de multe ori cît de sensibil a reacţionat Goethe la prăpastia dintre teoria sa a culorilor şi optica newtoniană, general recunoscută, cît de furtunoasă şi neobiectivă a fost uneori polemica sa împotriva lui Newton ; s-a observat, de asemenea, că există o legătură între critica romantismului, între atitudinea sa atît de negativă faţă de arta romantică şi polemica sa cu ştiinţele dominante ale naturii. Despre toate acestea s-a spus şi s-a scris atît de mult, problematica ce stă la baza lor a fost atît de temeinic iluminată încît nu a mai rămas nimic altceva decît să se urmeze ceva mai departe ideile care au fost adesea exprimate, verificîndu-le pe baza unei cunoaşteri a lumii ştiinţei şi tehnicii contemporane, în special a celei mai noi evoluţii a ştiinţelor naturii. Lucrul acesta vom încerca să-l facem în cele ce urmează. Nu ne vom lăsa conduşi apriori de concepţia pesimistă, exprimată, de exemplu, de Karl Jaspers, după oare Goethe nu mai are să ne spună astăzi >în această privinţă nimic, tocmai întrucît el s-a închis în faţa acelei lumi tehnice care se înălţa, deoarece el nu a înţeles sarcina de a găsi un drum omului în această nouă lume. Mai degrabă dorim să admitem exigenţele lui Goethe, să le opunem lumii noastre actuale tocmai deoarece nu avem un temei atît de mare pentru pesimism. In cei 150 de ani care s-au scurs de cînd Goethe medita şi scria poeme despre fenomenul originar al genezei culorilor, lumea s-a dezvoltat cu totul altfel decît sperase Goethe. Ea nu a fost însă definitiv acaparată de diavolul cu care Faust a încheiat pactul său periculos ; trebuie să recunoaştem aceasta, în ciuda criticilor prea duri ai epocii noastre. Să revedem deci vechea controversă cu ochii noştri de azi.

Pentru Goethe, orice cercetare a naturii şi orice înţelegere a naturii începeau cu impresia senzorială nemijlocită ; aşadar, nu cu un fenomen individual filtrat prin aparate, într-o anume măsură smuls naturii, ci cu procesele libere ale naturii, deschise nemijlocit simţurilor noastre. Să luăm un pasaj oarecare din paragraful Culorile fiziologice din

teoria culorilor a lui Goethe. Coborîrea pantelor înzăpezite ale munţilor Brocken într-o seară de iarnă dă prilejul următoarei observaţii : „In timpul zilei putusem deja să remarc că, în contrast cu tonul gălbui al zăpezii, umbrele păreau uşor violete ; mă aşteptam să le văd colorîndu-se în albastru aprins pe măsură ce valurile de zăpadă deveneau de un galben mai închis. Atunci cînd soarele era pe punctul dispariţiei la orizont, atunci cînd printre negurile serii razele lui viu colorate proiectau un văl de purpură pe lumea care mă înconjura, atunci culoarea umbrelor s-a schimbat, ele îmi apărură de un verde la fel de clar ca verdele valurilor marine şi de o frumuseţe comparabilă cu aceea a smaraldului ; apa-riţia devenea din ce în ce mai strălucitoare ; mă puteam crede transportat într-o lume a zînelor, căci totul se acoperise de aceste două culori vii şi armonioase. După apusul soarelui, această apariţie de basm a dispărut într-un crepuscul cenuşiu şi, insesizabil, într-o noapte iluminată de lumina palidă a lunii şi a stelelor". Goethe însă nu se opreşte la observaţia nemijlocită. El ştia bine că impresia nemijlocită se poate transforma în cunoaştere numai călăuzită de o conexiune, la început doar bănuită, devenită apoi prin succes certitudine. Voi cita ca exemplu un pasaj din Teoria culorilor: „Simpla privire a celor înfăţişate nu ne poate fi de folos. Orice privire devine contemplare, orice contemplare duce la reflecţie, orice reflecţie duce la stabilirea unor legături, şi astfel am putea spune că deja prin orice privire atentă asupra lumii teoretizăm. S-o facem însă cu bună-ştiinţă, cu auto- cunoaştere, cu libertate şi, pentru a ne folosi de un cuvînt îndrăzneţ, cu ironie ; o asemenea dibăcie c necesară dacă vrem ca abstracţia, de care ne temem, să devină inofensivă şi ca rezultatul experienţei, pe care sperăm să-l obţinem, să fie viu şi folositor".

„Abstracţia de care ne temem". Prin aceasta s-a şi desemnat exact locul în care drumul goe- thean trebuia să se separe de ştiinţele naturii ale timpului. Goethe ştia că întreaga cunoaştere are nevoie de imagini, de legături, de structui i interpretative. Fără ele cunoaşterea ar fi

imposibilă. Dar drumul spre aceste structuri conduce mai tîrziu, în mod inevitabil, la abstracţie. Acest fapt îl constatase Goethe chiar în cazul cercetărilor asupra morfologiei plantelor. In formele atît de diferite ale plantelor, pe care le cercetase în mod deosebit în excursia sa din Italia, Goethe credea că se poate recunoaşte din ce în ce mai clar, la un studiu amănunţit, un principiu interior unitar. El vorbea despre „forma esenţială cu care natura se joacă parcă mereu şi, astfel, jucîndu-se produce multiplicitatea vieţii", iar de aici a ajuns la reprezentarea unui fenomen originar, o plantă originară. „Cu acest model... — scrie Goethe — şi cu cheia acestuia se pot inventa după aceea la infinit plante care, chiar dacă nu există încă, ar putea să existe totuşi, posedînd adevăr şi necesitate internă". Aici Goethe se află în faţa graniţelor abstracţiei de care se temea. Goethe nu a reuşit să depăşească el însuşi aceste graniţe. El a ameninţat şi a prevenit pe fizicieni şi filozofi să se comporte în acelaşi mod. „Dacă s-ar găsi totuşi un asemenea fenomen originar, rămîne încă mereu necazul că el nu va fi recunoscut ca atare, că noi căutăm încă dincolo de el şi deasupra lui un altceva, întrucît aici ar trebui să ne mărturisim graniţele intuiţiei. Cercetătorul naturii să lase fenomenul originar să rămînă în veşnica lui linişte şi măreţie". Graniţele spre abstract nu trebuie deci depăşite. Acolo unde s-au atins limitele intuiţiei, nu mai trebuie urmat drumul prin care aceasta să fie înlocuită prin gîndirea abstractă. Goethe a fost convins că ruperea de lumea reală, sensibilă, intrarea în acel domeniu fără limite al abstracţiei, va trebui să ducă la mult mai mult rău decît bine.

Ştiinţele naturii apucaseră încă de la Newton o altă cale. Ele, de la început, nu s-au temut de abstracţie, iar succesele lor în explicarea sis- ternului planetar, în aplicarea practică a mecanicii, în construcţia aparatelor optice şi a multor altora le-au dat, evident, dreptate şi le-au făcut să nu dea atenţie prevenirilor lui Goethe. Aceste ştiinţe ale naturii s-au dezvoltat pînă astăzi absolut linear şi consecvent plecînd realmente de la marea operă a lui Newton, Philo- sophiae naturalis principia mathematica.

Consecinţele lor tehnice au modificat înfăţişarea Pământului.
In această ştiinţă obişnuită a naturii abstracţia se realizează în două forme diferite. Sarcina ei este aceea de a cunoaşte simplul în diversitatea pestriţă a fenomenelor. Străduinţa fizicianului a trebuit, de aceea, să se îndrepte spre scoaterea la iveală a unor procese simple din încîlcita complicare a fenomenelor. Dar ce este simplul ? De la Galilei şi Newton, răspunsul sună : este simplu un proces a cărui desfăşurare legică poate fi reprezentată cantitativ, în toate detaliife, fără dificultăţi. Procesul simplu nu este, aşadar, acel proces pe care natura ni-l oferă nemijlocit ; mai întîi fizicianul trebuie să separe, adesea cu aparate foarte complicate, amestecul variat al fenomenelor, să cureţe ceea ce este important de tot accesoriul nenecesar, pînă cînd apare clar şi sigur procesul „simplu", astfel încît să se poată face abstracţie de toate fenomenele auxiliare. Aceasta este una dintre formele abstracţiei, despre care Goethe credea că prin ea natura însăşi este izgonită. El spunea : „Să întîmpinăm afirmaţia rece că acum am mai avea totuşi natura, cel puţin cu un rîs calm, cu o scuturare uşoară a capului ; nu le trece nici prin gînd arhitecţilor să-şi dea palatele lor pentru pădurile sau pietrele de munte". Cealaltă formă a abstracţiei constă în folosirea matematicii în reprezentarea fenomenelor. In mecanica lui Newton s-a dovedit pentru prima dată — şi acesta a fost temeiul marelui ei succes — că în descrierea matematică pot fi sintetizate unitar nenumărate domenii ale ex perienţei şi prin aceasta ele pot fi înţelese. Legile căderii corpurilor ale lui Galilei, mişcarea Lunii în jurul Pământului, aceea a planetelor în jurul Soarelui, toate aceste fenomene au putut fi derivate matematic dintr-o ipoteză fundamentală a mecanicii lui Newton, din ecuaţia „masa X acceleraţia = forţa", împreună cu legea gravitaţiei. Ecuaţia matematică a constituit astfel cheia abstractă a unei înţelegeri unitare a unor domenii foarte largi ale naturii, şi împotriva încrederii în puterea de deschidere a acestei chei a luptat zadarnic Goethe. într-o scrisoare către Zelter el spune : „Şi ceea ce reprezintă cea mai mare nenorocire a noii fizici este faptul

că s-au realizat experimente în mod consecvent de către oameni, că se recunoaşte ca natură ceea ce ne arată instrumentele artificiale, iar prin ceea ce pot realiza ele se limitează şi se demonstrează. La fel este cu calculul. Multe lucruri sînt adevărate, deşi nu pot fi calculate cu precizie, după cum există multe lucruri care nu pot fi supuse experimentului decisiv".
Nu a cunoscut realmente Goethe forţa de ordonare, capacitatea de cunoaştere a metodei ştiinţifice, a experimentului şi a matematicii ? A subapreciat el acel duşman împotriva căruia a luptat atît de neobosit în teoria culorilor şi în multe alte locuri ? Ori el nu a vrut să recunoască această putere deoarece erau în joc valori pentru a căror jertfire el nu era pregătit ? Va trebui să răspundem că Goethe nu a vrut să păşească pe acest drum abstract al înţelegerii unitare deoarece acesta i se păruse prea periculos. I
Pericolele de care se temea aici Goethe nu au I fost nicăieri exact determinate de către el. Dar cea mai renumită operă poetică a sa, Faust, ne permite să bănuim despre ce este vorba. Faust este, pe lîngă multe altele, şi un fizician decep- j
ţionat. El s-a înconjurat în cabinetul său de lucru cu aparate. El spune totuşi :
„Voi, instrumente, mă priviţi cu ironie,
Cu roţi şi creste, vălătuce, fierărie.
La poartă am ajuns, voi trebuia să-mi fiţi o cheie.
Ce vrednice-mi păreaţi, dar n-aţi desferecat zăvorul.
Taina păstrîndu-şi-o în plină zi,
Natura nu se lasă despuiată
De vălul ei, şi ceea ce ea nu-şi arată,
Fireşte relevîndu-se duhului tău,
Nu-i smulgi cu pîrghii şi şuruburi niciodată".
Semnele secrete pe care el le cerceta în cartea lui Nostradamus sînt înrudite poate într-un fel cu cifrele matematicii. Această lume a cifrelor şi a instrumentelor, acea goană lacomă după o cunoaştere mereu mai largă, mai profundă, mai abstractă îl hotărăsc pe el, deznădăjduit, să încheie pactul cu diavolul. Calea care duce de la viaţa

naturală în afară, în cunoaşterea ab-stractă, nu se poate opri decît la diavol. Acesta a fost pericolul pe care l-a precizat atitudinea lui Goethe faţă de lumea tehnicii şi a ştiinţei. Goethe a simţit forţele demonice care vor deveni active în dezvoltarea acestei lumi şi el credea că trebuie să le ocolim. Ar trebui, poate, să se răspundă : atît de uşor nu se poate ocoli diavolul.
Goethe însuşi a trebuit să facă încă foarte devreme cîteva compromisuri. Cel mai important a fost acordul său cu imaginea copernicană a lumii, a cărei forţă de atracţie îl cucerise şi pe el. Dar şi aici ştiuse Goethe cît de mult trebuie jertfit prin aceasta. Vom cita din nou din Teoria culorilor :
„Dintre toate descoperirile şi convingerile nimic nu a putut produce o mai mare acţiune asupra spiritului uman decît teoria lui Copernic. De-abia fusese recunoscut Pămîntul ca rotund şi închis în el însuşi, cînd a şi trebuit să renunţe şi la imensul privilegiu de a fi centrul universului. Poate niciodată nu s-a produs o mai mare provocare la adresa umanităţii ; căci ce nu sc prefăcea prin această recunoaştere în praf şi pulbere, paradisul de dincolo, lumea nevino-văţiei, a poeziei şi a evlaviei, mărturia simţurilor, convingerea unei credinţe poetic-reli- gioase ; nu e de mirare că omul n-a vrut să piardă toate acestea, că s-a opus cu toate puterile unei asemenea doctrine care provoca şi îndreptăţea pe aceia care o acceptau la o libertate de gîndire şi o măreţie a convingerii pînă acum necunoscute".
Acest pasaj va trebui prezentat şi tuturor acelora care, pentru a înlătura pericolele de care se temea Goethe, încearcă chiar în epoca noastră să pună la îndoială corectitudinea şi necesitatea ştiinţei moderne a naturii. S-a arătat astfel că chiar şi aceste ştiinţe ale naturii şi-au schimbat sau modificat concepţiile în decursul timpului, că, de exemplu, mecanica newtoniană nu mai este astăzi recunoscută ca fiind corectă, fiind înlocuită prin teoria relativităţii şi teoria cuantică, deci că avem toate temeiurile pentru a considera cu scepticism toate pretenţiile acestei ştiinţe a naturii. Această obiecţie se

întemeiază însă pe o neînţelegere, după cum s-ar putea observa plecînd chiar de la problema lo-cului Pămîntului în sistemul planetar. Este corect că teoria lui Einstein lasă deschisă posibilitatea considerării Pămîntului ca aflîndu-se în nemişcare, iar a Soarelui ca învîrtindu-se în jurul său. Prin aceasta însă nu se modifică nimic din afirmaţia fundamentală a mecanicii newtoniene, şi anume aceea că Soarele determină prin acţiunea sa gravitaţională puternică orbitele planetelor ; deci sistemul planetar poate fi astfel realmente înţeles numai dacă se pleacă de la Soare ca punct central, ca centru al forţelor gravitaţionale. Nu se poate cu si-guranţă, şi aceasta va trebui s-o subliniem în mod deosebit, să se evite rezultatele ştiinţelor moderne ale naturii atunci cînd se acceptă me- loda lor, iar această metodă sună : observaţia, care va fi rafinată prin experiment, şi analiza raţională, care-şi dobîndeşte forma precisă in reprezentarea matematică. Nu se poate pune serios la îndoială validitatea rezultatelor dacă sînt permise experimentul şi analiza raţională. Se poate însă formula problema valorii : cunoaşterea astfel obţinută are ea o valoare ?

Dacă nu se încearcă să se răspundă mai întîi la această întrebare în sensul goethean, ci se admite în acord cu spiritul epocii noastre, fără precauţii deosebite, argumentul utilităţii, atunci am putea prezenta aici cuceririle ştiinţelor şi tehnicii moderne : îndepărtarea activă a multor lipsuri, uşurarea suferinţei bolnavilor prin medicina modernă, comoditatea circulaţiei şi multe altele. Cu siguranţă, Goethe, care dorise atît de mult activitatea în viaţa sa, ar fi privit cu multă • înţelegere aceste argumente. Dacă se pleacă tocmai de la situaţia omului în această lume, de la greutăţile care îl ameninţă, de la exigenţele la care este supus de alţii, atunci va fi extrem de înalt apreciată posibilitatea de a acţiona în acest domeniu practic şi eficient, de a putea să ajuţi pe alţii, de a îmbunătăţi în general condiţiile vieţii. Nu trebuie decît să se citească părţi mai mari din Anii de drumeţie ai lui Wilhelm Meister sau ultimele pasaje din Faust pentru a se înţelege cît de serios a considerat poetul tocmai acest

aspect al vieţii noastre. Dintre diferitele aspecte ale lumii tehnico- ştiinţifice, cel mai inteligibil îi era lui Goethe, cu siguranţă, cel pragmatic. Goethe nu a putut scăpa însă nici acum de teama că diavolul şi-ar fi vîrît şi aici coada. In ultimul act din Faust, succesul, bogăţia vieţii active sînt transformate în absurd prin omorîrea lui Philemon şi Baucis. Dar şi acolo unde coada diavolului nu este direct vizibilă, evenimentele rămîn sub ame-ninţarea eficacităţii lui. Goethe a înţeles că modificarea progresivă a lumii prin corelaţia tehnicii cu ştiinţele naturii nu poate fi oprită. In Anii de drumeţie s-a exprimat cu grijă : „Maşinăria care sporeşte excesiv mă chinuie şi mă înspăimîntă. Se rostogoleşte încoace ca o furtună încet, încet. Şi-a fixat direcţia, va veni şi ne va lovi". Goethe ştia ce urma să se petreacă şi a meditat asupra modificărilor care se vor produce prin aceasta în comportarea oamenilor. In corespondenţa cu Zelter scrie : „Bogăţie şi viteză sînt ceea ce admiră lumea şi după care tinde oricine. Tren, poştă rapidă, nave cu abur şi toate facilităţile posibile ale comun'cării sînt acelea de la care porneşte lumea cultă pentru a se depăşi, a se rafina, rămînînd prin aceasta în mediocritate. Realmente este secolul oamenilor capabili, al acelor oameni practici care pricep uşor şi se simt superiori mulţimii, înzestraţi fiind cu o anumită dibăcie, chiar dacă ei nu sînt extrem de talentaţi". Sau în Anii de drumeţie : „Este acum timpul unilateralităţilor ; bine de acela care-l înţelege, timpul acţionează pentru el şi pentru alţii în acest sens". Goethe a putut astfel să prevadă o bucată considerabilă a drumului pe care-l va urma lumea, privind viitorul cu o mare nelinişte.

De atunci s-a scurs aproape un secol şi jumătate, şi noi ştim încotro a dus acest drum pînă astăzi. Avioanele cu reacţie, maşinile electronice de calcul, rachetele cosmice, bombele atomice, acestea sînt ultimele pietre kilometrice care ne întîmpină pe marginea acestui drum. Acea lume determinată de ştiinţa naturii de tip newtonian, pe care Goethe spera că ar putea s-o ocolească, a devenit astfel realitatea noastră, şi nu ne ajută cu nimic să ne mai gîndim la fap-tul că la aceasta a contribuit şi partenerul lui Faust.

Trebuie s-o suportăm, aşa cum s-au suportat atîtea în toate timpurile. Noi nu am ajuns însă pînă la capătul acestui drum. Poate nu este departe vremea în care şi biologia se va încadra în acest proces de dezvoltare a tehnicii. Faptul că atunci se multiplică pericolele, chiar acelea referitoare la ameninţarea cu bombele atomice, a fost exprimat cel mai dur, poate, în acea caricatură nemiloasă a unei lumi viitoare pe care a formulat-o Huxley sub titlul Brave, new world, o „lume nouă, măreaţă". Posibilitatea de a educa oamenii în scopuri determinate, de a ordona raţional întreaga viaţă de pe Pămînt, de a o subordona tendinţei spre utilitate şi, prin aceasta, de a o goli de toate simţămintele este dusă aici pînă la absurd cu o consecvenţă înfiorătoare. Nu trebuie să mergem totuşi atît de departe pentru a recunoaşte că, în general, utilitatea nu este o valoare, ci prin ea se deplasează doar în altă parte problema valorii şi anume la o altă întrebare : are valoare însuşi scopul căruia îi corespund cunoştinţele şi posibilităţile respective, căruia ele trebuie să-i servească ? Medicina modernă a eliminat într-o considerabilă măsură marile epidemii de pe glob. Ba a salvat viaţa multor bolnavi, ea a scutit de dureri cumplite o mulţime de oameni, însă ea a condus şi la acea explozie a populaţiei pe Pămînt care, dacă nu va fi stopată în viitor prin măsuri organizatorice paşnice, se va termina printr-o catastrofă înspăimîntătoare. Cine poate şti dacă medicina modernă îşi formulează în general corect scopurile ei ?
Ştiinţa modernă oferă astfel cunoştinţe de a căror valabilitate în ansamblu nu ne putem îndoi, iar tehnica ce se naşte din ea permite folosirea acestor cunoştinţe şi pentru realizarea unor scopuri depărtate. Dacă are valoare însă progresul astfel obţinut, nu se va hotărî prin aceasta, ci numai prin reprezentările valorice după care se conduc oamenii în formularea scopurilor. Aceste reprezentări valorice nu pot fi însă produse de ştiinţa ca atare ; în orice caz, nu pînă acum. Obiecţia decisivă a lui Goethe împotriva metodei ştiinţelor naturii, întrebuinţată după Newton, se îndreaptă astfel împotriva disocierii conceptelor „autenticitate" şi „adevăr" în structura acesteia. Adevărul

nu se putea separa, pentru Goethe, de conceptul de valoare. Acel „Unum, bonum, verumu, „unul, binele, adevărul", era pentru Goethe, ca şi pentru filozofii antici, unica busolă posibilă cu care s-a putut orienta omenirea de-a lungul secolelor în căutarea drumului ei. O ştiinţă care este însă numai corectă, în care s-au despărţit conceptele de „autenticitate" şi „adevăr", în care, prin urmare, direcţia nu se mai stabileşte prin ordinea divină este foarte tare periclitată, ea este, pentru a ne gîndi din nou la Faust-ul lui Goethe, expusă intervenţiei diavolului. De aceea nu a vrut Goethe s-o accepte. într-o lume întunecată, care nu mai este iluminată de lumina acestui centru, a acestui „Unum, bonum, verum", progresele tehnice nu mai reprezintă altceva decît, cum s-a exprimat odată Erich Heller în această privinţă, încercări desperate de a face din infern o reşedinţă cît mai plăcută. Această idee trebuie să fie accentuată în special împotriva acelora care cred că prin răspîndirea civilizaţiei tehnico-ştiinţifice pînă în cele mai izolate regiuni ale globului se pot crea toate premisele esenţiale pentru epoca de aur. Atît de Uşor nu poate fi evitat diavolul. înainte de a cerceta dacă autenticitatea şi adevărul sînt realmente atît de complet separate în ştiinţele moderne ale naturii, aşa cum se părea pînă acum, va trebui să formulăm întrebarea opusă : poate opune Goethe prin ştiinţa sa, prin maniera sa de a considera natura ceva eficient acestei lumi tehnico-ştiinţifice, născută ca urmaşă a lui Newton ? Ştim că, în ciuda enormei influenţe pe care a avut-o lirica lui Goethe în secolul al XlX-lea, gîndurile sale despre ştiinţa naturii au fost cunoscute şi au devenit rodnice numai într-un grup de oameni relativ redus. Dar ele conţin probabil un ger-mene oare s-iar putea dezvolta printr-o îngrijire mai atentă tocmai atunci cînd credinţa cam naivă în progres a secolului al XlX-lea se retrage în faţa unei concepţii mai lucide. Aici va trebui să se mai întrebe o dată ce reprezintă de fapt caracteristica acestei considerări goetheene a naturii, prin ce s-a deosebit modul său de a privi natura de acela al lui Newton şi al urmaşilor acestuia. Aici se relevă înainte de toate faptul că cercetarea naturii la Goethe pleacă tocmai de la

oameni, că omul şi trăirea nemijlocită a naturii reprezintă nucleul acesteia, din care fenomenele se încheie într-o ordine plină de sens. O asemenea formulare este corectă şi ea evidenţiază în mod deosebit marea diferenţă dintre cercetarea goetheeană a naturii şi cea newtoniană. Ea neglijează însă un punct absolut esenţial, şi anume acela că, după convingerea lui Goethe, în natură oamenii se află, evident, în faţa unei ordini divine. Nu acea trăire a naturii de către oamenii individuali, care-l împlinise atît de mult în tinereţe, o va considera mai tîrziu Goethe ca importantă, ci ordinea divină .care este recunoscută în această trăire. Nu avem la Goethe doar o metaforă poetică atunci cînd în poemul Testament credinţei vechi persane credinciosul este determinat de imaginea soarelui care apunea după munţi să recunoască pe Dumnezeu pe tronul lui, să-l numească Stăpîn al izvoarelor vieţii.

„Pe Dumnezeu să-l vezi pe tronul lumii, al vieţii domn să-l denumeşti şi-n faptă să transpui înalta viziune păşind pe căile luminilor cereşti".

Acestui conţinut al trăirii naturii trebuie, după Goethe, să i se conformeze şi metoda ştiinţelor naturii, iar astfel căutarea fenomenului originar va trebui înţeleasă ca o cercetare a acelor structuri aflate dincolo de fenomene, puse de Dumnezeu, care nu pot fi construite doar cu raţiunea, ci prin contemplarea, trăirea, simţirea lor nemijlocită. „Un fenomen originar — explică Goethe — nu este echivalent unui principiu din care se produc o multitudine de consecinţe, ci trebuie considerat un fenomen fundamental, în ,cadrul căruia se poate contempla multiplul. Privirea, ştiinţa, presimţirea, credinţa ori cum se mai numesc toate aceste antene sensibile cu care omul pipăie universul trebuie de fapt să acţioneze împreună dacă vrem să îndeplinim chemarea noastră cea mai importantă, deşi cea mai grea". Goethe simte foarte clar că structurile de bază trebuie să fie de un asemenea gen încît să nu se mai poată decide dacă ele aparţin lumii gîndite obiectiv sau sufletului uman, întrucît ele reprezintă condiţiile fundamentale pentru amîndouă. Astfel, el speră că prin „privire, ştiinţă, presimţire, credinţă" ele vor deveni

eficiente. Totuşi va trebui să ne întrebăm de unde ştim, sau de unde ştia Goethe, că cele mai profunde, intrinseci corelaţii pot fi atît de nemijlocit vizibile, că ele sînt atît de deschis evidente ? Nu s-ar putea ca tocmai ceea ce considera Goethe ordinea divină a fenomenului să ne apară natural, în cea mai deplină claritate doar pe o înaltă treaptă de abstracţie ? Nu poate să ne ofere aici ştiinţa modernă a naturii un răspuns care s-ar putea menţine în faţa tuturor exigenţelor valorice goetheene ?
înainte de a trece la discutarea unor asemenea probleme dificile, va trebui să mai spunem doar un cuvînt cu privire la respingerea de către Goethe >a romantismului. Goethe s-a opus adesea pe larg în scrisori, articole, convorbiri romantismului, care reprezenta direcţia artelor din timpul său. Mereu formula asemenea învinuiri : subiectivism, exaltare, deviere în extreme, în infinit, sensibilitate bolnăvicioasă, interes afectat pentru antichitate, pătrundere firavă şi, în fine, politeţe şi nesinceritate. Opoziţia faţă de boala aparentă a romantismului, presimţirea unei posibile evoluţii erau atît de puternice la Goethe încît numai foarte rar a reuşit el să le biruie pentru a observa sau a recunoaşte şi realizările artistice ale romanticilor. Orice artă care, ca şi aceea a romanticilor, se îndepărtează de lume, care nu mai încearcă să exprime lumea reală, ci doar reflexul ei în sufletul artistului îi apărea lui Goethe la fel de nesatisfăcătoare ca şi o ştiinţă care nu-şi mai ia ca obiect natura liberă, ci fenomenele sortate şi, într-o anumită măsură, preparate de aparate. Romantismul poate fi înţeles, cel puţin parţial, ca o reacţie la o lume care tindea să fie transformată de către raţionalism, ştiinţă şi tehnică într-o condiţie practică, prozaică a vieţii exterioare, astfel încît pentru personalitate în totalitatea ei, pentru dorinţele, speranţele, durerile ei nu mai exista nici un fel de spaţiu. Această personalitate s-a retras, de aceea, în interiorul său ; ruperea de lumea reală imediată, în care noi acţionăm, în care trebuie să ne aflăm, a fost simţită, poate, ca o pierdere ; dar, se temea Goethe, romantismul alege calea uşoară, pentru a nu spune comodă, de a se refugia într-o lume a visurilor, de a se lăsa

în voia beţiei pasiunilor, părăsind răspunderea pentru sine şi pentru alţii şi desfătîndu-se în nemărginirea sentimentelor. Această îndepărtare de o artă care încearcă să modeleze lumea în realitatea ei nemijlocită, spre o redare şi exacerbare artistică a abisului din sufletul uman, putea fi încuviinţată de Goethe la fel de puţin ca şi pasul în abstracţie, faţă de care se văzuse obligată ştiinţa modernă. înrudirea motivelor pentru opoziţia lui Goethe în ambele cazuri merge şi mai departe. Dacă Goethe se temea de abstracţia din ştiinţele naturii, dacă el se îngrozea de nemărginirea ei, atunci aceasta se întîmpla deoarece el credea că a simţit în ea forţe demonice, în faţa ameninţării cărora el nu dorea să cedeze. El le-a personificat prin Mefisto. In romantism el a intuit acţiunea unor forţe asemănătoare. Din nou, lipsa de limite, ruperea de lumea reală, de măsurile ei sănătoase, pericolul degenerării în bolnăvicios. In atitudinea lui Goethe pare să fi jucat, de asemenea, un rol faptul că în ambele direcţii forma lor artistică cea mai Înaltă i-a fost relativ străină. Matematica, care ar putea fi desemnată ca forma artistică a abstracţiei, nu a putut să-l pasioneze sau să-l fascineze pe Goethe, deşi a respectat-o. De muzică, care a avut în romantismul german, după cum mi se pare, cele mai înalte realizări, Goethe nu a fost niciodată atît de impresionat cum a fost de poezie sau de pictură. Ce ar fi gîndit el asupra romantismului dacă acesta ar fi egalat limbajul vorbit, de exemplu, în Cvintetul în C- Dur pentru instrumente de coarde de Schubert, nu ştim. El însă ar fi trebuit să simtă că forţele de care se temea el şi care în această muzică erau mult mai active decît în aproape oricare dintre operele romantice aici nu mai provin de
la Mefisto, nu-i mai anunţă puterea lui, ci a acelui centru de lumină din care provine Luci- fer, dar din care acesta a fost izgonit. Nu este de mirare că viitorul apropiat nu a urmat în judecarea valorii romantismului sfatul marelui poet german, că arta s-a dedicat într-o mare măsură temelor şi problemelor care au apărut prima dată în romantism. Istoria muzicii, a picturii şi literaturii din secolul al XlX-lea a arătat cît de fructuoase au fost

direcţiile iniţiate de romantism. Desigur, această istorie, în special dacă este urmărită pînă în zilele noastre, ne arată cît de justificate erau şi temerile şi obiecţiile lui Goethe, la fel ca şi în cazul ştiinţelor naturii şi al tehnicii. Acele fenomene, deseori acuzate, de degenerare din domeniul artei — ca şi, în tehnică, folosirea armelor atomice — sînt considerate urmări ale pierderii acelei măsuri pentru păstrarea căreia se luptase Goethe întreaga sa viaţă.
Să ne întoarcem însă din nou la întrebarea dacă cunoaşterea pe care a căutat-o Goethe în ştiinţa sa, adică cunoaşterea ultimelor puteri formative ale naturii, considerate de el divine, a dispărut complet din această ştiinţă modernă doar „corectă" a naturii. „Ca să cunoşti ce uneşte lumea în profunzimea ei interioară, priveşte toate puterile active şi seminţele şi nu mai scotoci în cuvinte", aceasta era exigenţa. Pe calea realizării ei, Goethe a ajuns în cercetările lui asupra naturii la fenomenul originar, iar în morfologia plantelor la planta originară. Dar, deşi acest fenomen originar nu putea fi un principiu din care să se deriveze fenomenele diverse, ci un fenomen fundamental, Schil- ler i-a clarificat lui Goethe, în acea primă în- tîlnire celebră de la Jena din 1794, care a întemeiat prietenia lor, că fenomenul originar, de fapt, nu reprezintă un fenomen, ci o idee ; o idee în sensul filozofiei lui Platon, am dori să adăugăm noi ; în epoca noastră, în care cuvîntul „idee" a căpătat o coloratură prea subiectivă, în locul lui ar trebui poate să folosim termenul de „structură". Planta originară este forma originară, structura de bază, principiul formator al plantelor, pe care, desigur, nu-l putem construi numai raţional, el trebuind să aibă şi o certitudine senzorială nemijlocită. Deosebirea, căieia Goethe i-a acordat o atît de mare valoare, dintre contemplarea directă şi derivarea doar raţională corespunde relativ exact deosebirii celor două moduri de cunoaştere din filozofia platonică, „episteme" şi „dia- noia". „Episteme" este tocmai această certitudine nemediată care ne asigură liniştea, dincolo de care nu mai trebuie să cercetăm. „Dia- noia" este cunoaşterea prin analiză, rezultatul deducţiei logice. Şi la Platon este clar că numai primul mod al cunoaşterii,

„episteme", ne duce VA autentic, la esenţial, la lumea valorilor, pe cînd „dianoia", deşi produce cunoaştere, aceasta este doar o cunoaştere valoric neutră. Ceea ce Schiller încercase să-i explice lui Goethe, în- torcîndu-se împreună de la o conferinţă ştiinţifică, era, desigur, nu filozofia lui Platon, ci aceea a lui Kant. La Kant termenul „idee" are o altă semnificaţie, oarecum mai subiectivă ; în orice caz, ideea este strict separată de fenomen, astfel încît afirmaţia lui Schiller că planta originară ar fi o idee l-a neliniştit profund pe Goethe. El a răspuns : „Aceasta-mi place chiar foarte mult, să am idei, fără să ştiu, şi chiar să le văd cu ochiiu. In discuţia care a urmat, în care, aşa cum povesteşte Goethe, s-au înfruntat mult, Schiller a replicat : „Cum ar putea fi dată vreodată o experienţă care ar trebui să fie corespunzătoare unei idei ; căci în aceasta constă tocmai ceea ce este propriu temeiului ultim, că el nu poate fi niciodată congruent cu o experienţă". In lumina filozofiei platonice, în cadrul acestei discuţii nu este atît vorba de o polemică asupra a ceea ce este o idee, ci asupra organului cunoaşterii, prin care accedem la aceasta. Atunci cînd Goethe spune că ideile pot fi văzute cu ochii, aceştia sînt alţi ochi decît cei despre care este vorba în mod curent. In nici un caz nu ar putea fi aici înlocuiţi ochii printr-un microscop sau printr-o placă fotografică. Oricum însă, cum am putea decide mereu în această polemică, planta originară este astfel o idee şi ea se confirmă ca atare prin aceea că luînd această structură de bază ca cheie, cum spune Goethe, se pot crea plante la nesfîrşit. Prin ea s-a înţeles astfel construcţia plantelor, iar „a înţelege" înseamnă: a reduce la un principiu simplu, unitar.
Cum se prezintă lucrurile în biologia modernă ? Şi aici există o structură fundamentală, care determină nu numai forma tuturor plantelor, ci a tuturor fiinţelor vii în general. Este un obiect mic invizibil, o moleculă filiformă, şi anume renumitul lanţ dublu al acidului nucleic, a cărui structură a fost explicată cu aproximativ 15 ani în urmă de către Crick şi Wat- son în Statele Unite ale Americii şi care poartă întreaga ereditate a respectivei fiinţe vii. Pe baza unor numeroase experienţe ale biologiei moderne nu ne mai

putem îndoi că tocmai această moleculă filiformă determină structura fiinţelor vii, că de la ea porneşte într-o anumită măsură întreaga putere de formare care determină construcţia organismului. Nu putem insista aici asupra detaliilor. Cu privire la autenticitatea acestei afirmaţii sînt valabile cele ce au fost spuse în general mai înainte asupra autenticităţii enunţurilor ştiinţelor naturii. Autenticitatea se întemeiază pe metoda ştiinţifică, pe observaţie şi analiză raţională. Atunci cînd stadiile iniţiale de incertitudine ale evoluţiei unei ştiinţe speciale sînt depăşite, atunci autenticitatea se întemeiază pe cooperarea unor extrem de numeroase fapte individuale, pe o ţesătură mare şi complicată de experienţe, care-i dau enunţului certitudinea sa inatacabilă.
Poate fi comparată într-un fel oarecare structura de bază descrisă mai sus, dublul lanţ al acidului nucleic, cu planta originară goetheană? Micimea insensibilă a acestui obiect pare iniţial să excludă o asemenea comparare. Dar cu greu se poate contesta faptul că această moleculă are în cadrul biologiei aceeaşi funcţie pe care trebuia s-o realizeze planta originară a lui Goethe în cadrul botanicii. Este vorba, în ambele cazuri, de înţelegerea forţelor formatoare, creative din natura vie şi de reducerea lor la ceva simplu, comun tuturor corpurilor organice. Tocmai acest lucru îl realizează configuraţia originară a biologiei moleculare actuale, care este încă prea primitivă, pentru a putea fi numită o fiinţă vie originară. Ea nu posedă toate funcţiile unei fiinţe vii integrale ; aceasta nu trebuie însă să ne împiedice s-o denumim astfel oe ea sau ceva asemănător. Această configuraţie originară are comun cu planta originară a lui Goethe şi faptul că ea nu reprezintă numai o Hee, o structură fundamentală, o reprezentare, o forţă generatoare de forme, ci ea este şi obiect, fenomen, chiar dacă ea nu e vizibilă nemijlocit cu ochii noştri, ci poate fi atinsă doar indirect. Ea poate fi recunoscută cu ajutorul unor microscoape foarte puternice şi cu mijloacele analizei raţionale ; ea reprezintă astfel ceva absolut real, şi nu doar un obiect ideal. In această măsură, ea corespunde tuturor exigenţelor formulate de Goethe fenomenului originar. Că

noi o putem însă ,,vedea, simţi, presimţi" în sensul lui Goethe, cu alte cuvinte, că ea poate deveni obiectul lui „episteme", al cunoaşterii pure în formularea lui Platon, acest fapt poate fi pus la îndoială. In mod normal, configuraţia biologică originară nu este astfel vizibilă. Ne putem doar imagina că ea le-a apărut poate pentru prima dată descoperitorilor ei în acest mod.
Dacă ne întrebăm astfel asupra raportului dintre autenticitate şi adevăr în ştiinţele moderne ale naturii, atunci va trebui să constatăm, pe latura lor pragmatică, doar completa separare a celor două concepţii. Acolo însă, cum este cazul biologiei, unde avem de-a face cu cunoaşterea unor foarte mari corelaţii, care sînt de la început prezente în natură şi nu sînt create de oameni, putem constata o anumită apropiere. Căci marile corelaţii devin vizibile prin structurile fundamentale, în care se manifestă astfel ideile platonice, iar aceste idei pot probabil, întrucît ele ne informează asupra ordinii totale subiacente, să fie preluate şi de alte domenii ale psihicului uman numai prin raţiune, tocmai de acele domenii care ele însele se află într-o legătură nemijlocită cu acea ordine totală şi prin aceasta şi cu lumea valorilor.
Acest fapt devine deosebit de clar dacă se trece la acele legităţi cu totul generale care cuprind domeniile biologiei, chimiei şi fizicii şi care au devenit inteligibile doar în ultimele decenii în raport cu fizica particulelor elementare. Aici este vorba de structuri fundamentale ale naturii sau ale lumii în întregime, care sînt şi mai profunde ca acelea ale biologiei şi, din această cauză, sînt mai abstracte şi mai puţin accesibile nemijlocit simţurilor noastre ca acelea. Ele sînt însă în aceeaşi măsură şi mai simple, deoarece ele vor reprezenta doar universalul şi nimic din ceea ce este particular. In timp ce configuraţiile originare ale biologiei nu reprezentau numai organismul viu în sine, ci — prin diferitele ordonări posibile ale cîtorva grupuri chimice din lanţ — ele trebuiau să deosebească şi nenumăratele organisme diferite, structurile fundamentale ale întregii naturi nu trebuie să reprezinte decît tocmai existenţa acestei naturi. In fizica modernă, această idee se realizează

în modalitatea următoare : se formulează într-un limbaj matematic, o lege fundamentală a naturii, o „formulă a universului", aşa cum a fost uneori numită, care este suficientă tuturor fenomenelor naturale şi care astfel simbolizează într-o anumită măsură numai posibilitatea, existenţa naturii. Cele mai simple soluţii ale acestor ecuaţii matematice reprezintă diferitele particule elementare, care sînt forme fundamentale ale naturii exact în acelaşi sens în care Platon concepuse ca forme de bază ale naturii acele corpuri regulate ale matematicii: cubul, tetraedrul ş.a. Şi ele sînt, pentru a ne reîntoarce la disputa dintre Schiller şi Goethe, ca şi plantele originare ale lui Goethe, „idei", chiar dacă ele nu pot fi văzute cu ochii obişnuiţi. Dacă ele pot fi contemplate în sensul lui Goethe, aceasta pur şi simplu depinde de organele cunoaşterii cu care noi abordăm natura. Nu poate fi însă contestat că aceste structuri fundamentale au o legătură nemijlocită cu marea ordine a lumii în întregul ei. Ne rămîne însă nouă să decidem dacă voim să cuprindem din acest mare întreg doar acel sector îngust care poate fi conceput raţional.
Să ne aruncăm încă o dată privirea înapoi asupra evoluţiei istorice. în ştiinţele naturii, ca şi în artă, lumea a mers pe drumul despre care Goethe ne-a avertizat, considerîndu-l prea periculos. Arta s-a retras din realitatea nemijlocită în profunzimea sufletului uman, ştiinţa a realizat pasul în abstracţie, a riştigat enorma extindere a tehnicii moderne, şi a pătruns pînă la configuraţiile originare ale biologiei şi pînă la formele originare care corespund în ştiinţa modernă corpurilor platoniciene. In acelaşi timp, pericolele au devenit atît de ameninţătoare după cum prevăzuse Goethe. Să ne gîn- dim la dezumanizarea, depersonalizarea muncii, la absurdul armelor moderne sau la refugiul în iluzii, care este forma pe care a luat-o o mişcare politică. Diavolul este un stăpîn puternic. Dar acel centru de lumină despre care a fost vorba în legătură cu muzica romantică, pe care Goethe l-a putut recunoaşte peste tot în natură, a devenit vizibil şi în ştiinţa modernă a naturii, acolo unde ea ne informează asupra marii ordini unitare a lumii. Vom putea şi astăzi învăţa de la Goethe că nu va trebui să lăsăm

în favoarea unui organ, a analizei raţionale pe . toate celelalte să se prăpădească ; că va trebui să cuprindem natura cu toate organele care ne sînt date şi să avem apoi toată încrederea că această realitate va oglindi şi esenţialul, „Unul, Binele, Adevărul". Să sperăm că în viitor aceasta se va reuşi mai bine decît în vremea noastră, decît i-a reuşit generaţiei mele.

TENDINŢA SPRE ABSTRACŢIE ÎN ARTELE ŞI ŞTIINŢELE MODERNE

Tema generală a simpozionului de astăzi este semnificaţia cunoştinţelor ştiinţelor moderne ale naturii — medicina, psihologia, fizica — pentru artă şi pentru educaţia artistică, înainte de toate pentru muzică şi pentru educaţia muzicală. Nu aş dori să discut această temă din punctul de vedere al aspectelor ei tehnice ; ar fi posibil, desigur, pentru un fizician ca plecînd de la acustica modernă, de la producerea sunetului în instrumentele electronice să tragă anumite concluzii pentru viaţa muzicală modernă. Aş dori în locul acesteia să concep însă tema puţin mai principial, sau, dacă doriţi, din punctul de vedere al filozofiei culturii, şi să ne întrebăm dacă s-ar putea indica o paralelă la tendinţele din arta modernă sau, mai special, din muzica modernă care ne par adesea atît de străine şi neinteligibile, în forma unor fenomene asemănătoare ale ştiinţelor moderne ale naturii — lucru adesea afirmat — şi dacă nu am putea învăţa ceva asupra acestor fenomene artistice străine din comparaţia cu ştiinţele moderne. Nu va fi deci vorba despre forme sau tehnici individuale ale ştiinţelor moderne sau ale tehnicii, ci de configuraţia lor generală. S-a spus adesea că arta modernă ar fi mai abstractă dccît vechea artă, că ea s-a desprins mult de viaţa directă, şi tocmai aceasta ar lega-o do ştiinţa şi tehnica modernă, pentru care acelaşi lucru este valabil într-o măsură şi mai înaltă. Pentru moment aş dori să las la o parte problema cît de corect poate să caracterizeze expresia „abstract" aceste fenomene din arta actuală. Ceea ce este sigur e faptul că în ştiinţele moderne abstracţia joacă un rol absolut decisiv. De aceea aş vrea să schiţez mai întîi acest proces, să-i clarific necesitatea internă şi să arăt că el a fost decisiv

pentru enormul progres al ştiinţelor moderne ale na-turii, că nici un om, interesat în general în progresul ştiinţelor naturii, nu ar putea dori ca acest proces să fie anulat. Apoi voi încerca să examinez dacă nu şi în evoluţia artei se petrece sau s-a petrecut ceva comparabil cu aceasta. Mă voi limita aici numai la a urmări ceva mai exact decît s-a făcut pînă acum această comparaţie mereu citată.
Trebuie să subliniez că în această problemă nu sînt de fapt competent, deoarece cunosc evoluţia artei numai din a doua mînă, nu am studiat-o temeinic şi de aceea sînt în pericol de a o judeca superficial. De asemenea îmi este clar că prin această comparaţie voi putea trata doar un foarte mic fragment, poate chiar neimportant din cercul mai larg de probleme pe care-l numim „arta abstractă". Este însă vorba doar de a provoca o discuţie.
Ca prim exemplu pentru tendinţa spre abstracţie din ştiinţele moderne ale naturii aş vrea să amintesc evoluţia biologiei. In epocile anterioare, să ne gîridim, de exemplu, la secolul al XVIII-lea, biologia consta din cele două părţi — zoologia şi botanica —, iar savanţii descriau multitudinea formelor fiinţelor vii, constatau asemănări şi deosebiri, construiau înrudiri şi încercau să introducă un sistem în diversitatea fenomenelor. Dar şi această ştiinţă orientată spre viaţa nemijlocită se vedea obligată să caute puncte de vedere unitare prin care să poată înţelege împreună diferitele forme ale vieţii. Astfel, Goethe, care, aşa cum spunea el, se temea de abstracţie, căutase o plantă originară, pentru a spune astfel, prototipul plantelor, din care puteau fi derivate şi înţelese toate celelalte plante. Iar Schiller a trebuit să-şi dea cea mai mare osteneală pentru a-i explica lui Goethe că planta originară ar fi o idee, ideea plantei, iar în această măsură ar reprezenta totuşi ceva abstract. Viitorul a recunoscut mai întîi ceea ce este comun diferitelor fiinţe vii, prin diferitele funcţii biologice — metabolism, reproducere etc. —, apoi s-a întrebat asupra proceselor fi- zico-chimice prin care se realizează aceste funcţii în cadrul organismului, ajungînd astfel în mod obligatoriu la cele mai mici particule ale organismului şi la biologia moleculară. Ca structură fundamentală comună a

tuturor organismelor s-a recunoscut în final, în ultima vreme, o moleculă filiformă, acidul nucleic, care poate fi observat cu microscoape de mare putere şi care s-a dovedit component de bază al întregii materii vii. In această moleculă filiformă, ale cărei detalii, natural, nu trebuie să ne intereseze aici, este înscrisă în limbaj chimic întreaga ereditate a organismului respectiv, iar după acest text se creează în procesul de reproducere noile fiinţe organice. Se poate, dacă se vrea, să se compare această moleculă filiformă, acidul nucleic, cu planta originară a lui Goethe ; chiar atunci însă, biologia mole-cular㠎nseamnă o îndeletnicire cu formule chimice structurale complicate, faţă de care, în mod sigur, nu putem avea acelaşi raport nemijlocit ca faţă de organismele vii individuale.
în această evoluţie sumar schiţată se recunosc deja clar elemente care sînt răspunzătoare pentru tendinţa spre abstracţie. A înţelege înseamnă a recunoaşte corelaţiile, a vedea singularul ca un caz special al generalului.
Pasul spre general este însă deja un pas spre abstracţie ; mai precis : spre treapta imediat superioară a abstracţiei. Căci generalul unifica dintr-un punct de vedere unitar multiplicitatea de lucruri individuale sau procese diferite, iar aceasta înseamnă, în acelaşi timp, a lăsa la o parte alte trăsături, considerate neimportante, cu alte cuvinte, a abstractiza.
Un proces similar s-a petrecut în alte ştiinţe ale naturii — în chimie, în fizică. Aş dori să evidenţiez însă din această evoluţie doar două episoade din geneza fizicii atomice moderne, deoarece mă voi folosi de ele mai tîrziu în compararea cu evoluţia poate corespondentă din arta modernă. In secolul nostru s-au realizat de două ori enorme extinderi ale fizicii : prin revizuirea structurii spaţio-temporale de către teoria relativităţii şi prin formularea legilor teoriei cuantice, hotărîtoare pentru fizica atomică. In ambele cazuri, fizica care a apărut a devenit mult mai neintuitivă şi, în acest sens, mai abstractă decît cea anterioară. In afară de aceasta, în ambele cazuri — iar acesta este lucrul special pe care vreau să-l schiţez aici —, pasul spre treapta superioară de abstracţie a urmat

unui ciudat stadiu intermediar de. nesiguranţă şi dezordine care durase cîţiva ani. Tocmai acest stadiu intermediar aş vrea să-l descriu ceva mai exact. In teoria relativităţii, nesiguranţa a început atunci cînd s-a încercat cu mijloace electromagnetice să se pună în evidenţă mişcarea Pămîntului în spaţiu. Conceptul de mişcare a devenit neclar. Se concepea mişcarea Pămîntului relativă la Soare sau relativă la alte sisteme stelare, sau relativă la spaţiu ? După aceea a devenit neclar conceptul de simultaneitate. S-a pus întrebarea : ştim noi oare ce înseamnă atunci cînd spunem că un eveniment din nebuloasa Andromedei este simultan cu unul de pe Pămînt ? S-a văzut că nu se mai ştia, dar oamenii nu erau în stare să formuleze precis adevăratele corelaţii. Şi mai rău era stadiul de nesiguranţă şi încurcătură în cazul genezei teoriei cuantice. Se puteau urmări traiectoriile electronilor în camerele Willson ; astfel existau în mod evident electroni, şi existau traiectorii electronice, dar în atom părea a nu exista nici un fel de traiectorie electronică. S-a presimţit că nu se mai înţelegea exact ce sens aveau termeni cum sînt „locul" sau „viteza" unui electron într-un atom, dar multă vreme nu s-a reuşit să se vorbească despre aceste procese din interiorul atomilor într-o modalitate concepută raţional. Stadiul de neclaritate şi încurcătură care a durat în cazul genezei teoriei cuantice 25 de ani nu a fost astfel deloc un stadiu de trecere depăşit uşor. Poate ar trebui să se spună un cuvînt şi asupra oamenilor care lucrau pe atunci în această ştiinţă. Ei erau disperaţi de starea de dezordine şi ştiau că din ea nu putea rezulta o cunoaştere durabilă. Nimeni nu dorea să distrugă sau să nege vechea fizică. Li s-a pus însă fizicienilor o sarcină de la care nu se mai puteau da înlături : trebuia totuşi, în cele din urmă, să fie posibil să se spună într-un limbaj raţional precis ce se petrece în interiorul atomului. Dar aceasta, evident, nu mai era posibil cu conceptele vechii fizici. Exista un anume conţinut, căruia trebuia să i se dea formă, şi anume rezultatele multor experimente asupra atomilor. Corelaţia prezentă între aceste numeroase experimente trebuia să poată fi exprimată clar. Aceasta a fost însă multă vreme prea dificil

de realizat. Numai după ce s-a reuşit acest lucru, au simţit fizicienii că ştiinţa lor era din nou în ordine. Evidenţierea noii ordini a fost pentru fizicienii care au realizat-o un eveniment puternic, surprinzător. Cei care activau în acest domeniu critic au intuit imediat că aici se petrece ceva nou extrem de emoţionant, ceva complet neaşteptat. Nu pot însă să răiaîn mai mult la descrierea acestei trăiri ; aş dori să mai amintesc doar un punct important pentru comparaţia care va urma. Matematica. şi în special forma ei modernă, realizarea ei în maşinile electronice de calcul, a jucat în toate aceste procese doar un rol secundar, subordonat. Matematica este forma în care noi exprimăm înţelegerea pe care o avem asupra naturii ; matematica nu reprezintă însă conţinutul ei. Se înţelege greşit ştiinţa modernă şi, cred, chiar şi dezvoltarea modernă a artei atunci cînd se supraapreciază în cadrul _ lor semnificaţia elementului formal.

Aş dori să trec acum la comparaţia imaginii schiţate pe scurt mai înainte cu procesele din evoluţia artei. In primul rînd voi analiza problema amintită cu puţin mai înainte, aceea a raportului conţinutului cu forma, care se află, după părerea mea, în centrul dezbaterii. Arta are, desigur, o altă sarcină decît ştiinţa. Pe cînd ştiinţa explică, face ceva inteligibil, arta trebuie să reprezinte, să lumineze, să facă clar temeiul vieţii umane. Problema conţinutului şi formei se pune totuşi în ambele domenii în mod analog. Progresul artei se realizează astfel încît mai întîi un lent proces istoric, care modifică viaţa oamenilor, fără ca individul să-l poată influenţa prea mult, dă naştere unor noi conţinuturi. Asemenea conţinuturi au fost, de exemplu, în antichitate strălucirea zeilor gîn- diţi ca nişte eroi, siguranţa religioasă a oamenilor la finele evului mediu, lumea sentimentelor spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea, pe care o cunoaştem din Rousseau sau din Wer- ther al lui Goethe. Artişti înzestraţi încearcă apoi să-i dea o formă vizibilă sau audibilă prin aceea că ei dau materialului cu care arta lor lucrează, culorile sau instrumentele, noi posibilităţi de expresie. Această alternanţă sau, dacă doriţi, această luptă dintre conţinutul de exprimat şi limitarea mijloacelor de expresie

mi se pare — la fel ca şi în ştiinţă — condiţia indispensabilă pentru naşterea artei autentice. Dacă lipseşte presiunea unui conţinut spre a fi exprimat, atunci lipseşte terenul pe care arta poate creşte; dacă limitarea mijloacelor de expresie este suprimată, dacă, de exemplu, în muzică poate fi produs orice ton, atunci această luptă nu mai există, strădania artistului se loveşte într-o anume măsură de vid. Cum trebuie, cînd ştim acestea, să judecăm dezvoltarea artei moderne, s-o comparăm cu dezvoltarea ştiinţei moderne a naturii ? Mai întîi ne apar deosebirile profunde. Se ştie că unele direcţii speciale ale artei moderne sînt definite prin negarea unor forme determinate ; se vorbeşte de muzică „atonală" sau de pictură „nonfiguративă". Astfel, aici nu se vorbeşte deloc despre conţinut, iar despre formă doar în manieră negativă. Un proces comparabil cu acesta nu s-a produs în ştiinţele moderne ale naturii. S-a vorbit poate uneori despre o fizică neclasică, dar nimeni nu ar fi desemnat prin aceasta o disciplină ştiinţifică autentică. Inexistenţa unor forme determinate nu poate, presupun, niciodată să caracterizeze realmente o artă sau o ştiinţă, întrucît esenţa însăşi a acestei activităţi spirituale constă în a informa conţinuturile, deci în a construi forme. Desigur, mari domenii ale artei moderne pot fi şi altfel caracterizate decît prin negarea formelor.

O altă mare deosebire ne devine evidentă acum. In ştiinţa modernă a naturii, formularea problemei este întotdeauna dată de procesul istoric ; străduinţele omului de ştiinţă se îndreaptă spre rezolvarea acestor probleme. In arta modernă însă, însăşi punerea problemei pare neclară. Sau s-ar mai putea formula şi astfel : în ştiinţele naturii nu se pune niciodată întrebarea ce trebuie explicat, ci numai cum trebuie să fie explicat; în artă, dimpotrivă, astăzi pare a fi problematic ce trebuie exprimat, pentru cum existînd mai degrabă prea multe decît prea puţine răspunsuri. In arta modernă, în opoziţie cu ştiinţa modernă, pare deseori că însuşi conţinutul care trebuie reprezentat este încă discutat sau neînţeles. Dacă vrem să răspundem la întrebarea de ce în arta modernă totul se petrece atît de diferit decît în ştiinţele naturii, atunci trebuie să punem în

toată ascuţimea ei problema conţinutului. Care ar putea sau ar trebui să fie conţinutul artei contemporane ?
Arta a exprimat întotdeauna spiritul, temeiul vieţii, sentimentul vieţii dintr-o anumită epocă ; astfel trebuie să ne întrebăm : care este sentimentul vieţii în lumea actuală, în special la tînăra generaţie ? Aici ne apare adesea o tendinţa spre expansiune, străină, în această formă, epocilor anterioare. Tînărul nu mai priveşte viaţa sa în raport cu tradiţia, ţara, cercul cultural în care el a crescut, ci el se raportează la întreaga lume, pe care ar dori s-o considere fundamental ca o unitate. Tendinţa de a simţi globul sau universul în-treg ca spaţiul vieţii, la care se raportează des- stinul nostru individual, cu siguranţă se va întări în viitor. Ea corespunde tendinţei din ştiinţele naturii de a vedea întreaga natură ca o unitate şi de a formula legi care sînt obligatorii în toate domeniile. îndeplinirea acestui program, aşa cum l-am descris mai sus, împinge ştiinţele naturii pe trepte din ce în ce mai înalte de abstracţie, şi în această măsură ne-am putea, pe bună dreptate, imagina că şi raportul nostru faţă de întreaga structură intelectuală şi socială a globului poate fi exprimat artistic numai dacă sîntem pregătiţi să pătrundem în domenii foarte depărtate de viaţă.
Pe lîngă această tendinţă de extindere a spaţiului vieţii indivizilor devine vizibilă încă o altă trăsătură a sentimentului vieţii tinerei generaţii, care a fost amănunţit descrisă de psihologi. Am putea-o numi tendinţa spre părăsirea formei, strădania pentru distrugerea formei. Deosebit de vizibilă este această trăsătură, de exemplu, în muzica de jaz şi în descendentele ei, foarte iubite de o parte a tineretului, instituite uneori ca un gen de concepţie despre lume. Aici este caracteristică dispariţia contururilor, atît a celor armonice cît şi a celor ritmice ; tonul nu trebuie să mai fie pur, ci el trebuie întins peste tot, ritmul se împarte într-un ritm de bază şi unul melodic, şi cu aceasta el este scos din obişnuitul echilibru din muzica anterioară. în cîntec, în care în locul textelor în cele din urmă izbucnesc doar silabe fără legătură sau sunete stridente, s-a dizolvat şi forma limbajului. Nu se introduce

aici o formă nouă. Aceste trăsături ale muzicii de jaz, spun psihologii, caracterizează atmosfera spirituală a tineretului. Toate sentimentele indică o împrăştiere frapantă, confuzie şi incertitudine, iar această incertitudine se întemeiază pe pierderea contactelor personale şi realiste, adică pe îndepărtarea de realitate ; ea o promovează şi o întăreşte în acelaşi timp. Giinther Anders spune despre tineretul nostru : „El se simte nesigur la o oră tîrzie în această lume".

Aş vrea să presupun că acest aspect al sentimentului actual al vieţii, sau, mai exact, al sentimentului vieţii tineretului nostru, reprezintă o problemă centrală a artei moderne. Pare mai întîi, inevitabil, că această tendinţă spre de-formare trebuie să reprezinte negaţia oricărei arte, că de aici orice drum spre artă este absolut închis, deoarece arta este punere în formă. împotriva tendinţei spre distrucţia formei nu ajută nici o experimentare cu formele noi, cu compoziţii realizate de computeri etc. ; căci, dacă nici un conţinut nu mai tinde spre informare, nu ne este de nici un ajutor inventarea unor forme noi. Şi totuşi am putea găsi în geneza ştiinţelor moderne ale naturii, în special a fizicii atomice, paralele la acest proces de distrugere a formei. Am şi amintit mai sus că înainte de formularea teoriei relativităţii şi a teoriei cuantice a existat un stadiu ciudat de lipsă de claritate, în care fizicienii au simţit că toate conceptele cu care ei se orientaseră mai înainte în spaţiul naturii nu mai voiau să funcţioneze, că ele puteau fi folosite numai imprecis şi estompat. Desigur, acest stadiu nu reprezenta o ştiinţă satisfăcătoare, ci tocmai negaţia ştiinţei. Oricine ştia că ea nu Va produce rezultate care să rămînă, dar ea avea o funcţie decisivă în pregătirea viitoarei puneri în formă ; ea a creat spaţiul liber necesar pentru a se apropia de conceptele abstracte cu care se vor putea ordona mai tîrziu marile domenii corelate.

S-ar putea ca şi astăzi să fie la fel ; tendinţa spre „distrugerea formei" să provină din- tr-un sentiment al vieţii care nu numai crede că a simţit lipsa de siguranţă a tuturor formelor de pînă acum, ci care a presimţit, în spatele acestor forme, raporturi ce vor putea probabil ca

mai tîrziu să poarte din nou viaţă. Este posibil ca acesta să fie cel mai important conţinut al artei moderne.
Dacă se consideră valabilă această analogie dintre fazele de evoluţie ale artei moderne şi cele ale ştiinţelor moderne ale naturii, atunci se recunoaşte că astăzi nu trebuie să se vorbească în mod propriu de artă abstractă. In realitate, a existat şi înainte artă abstractă, astfel au fost ornamentele arabe în evul mediu timpuriu sau arta fugii lui Bach, şi va exista din nou.
Părţi importante ale artei moderne ar fi mai bine să fie numite o artă spălăcită, imprecisă sau, aşa cum singură s-a desemnat adesea, o artă a negării, a disoluţiei, la care ar fi de obiectat că pînă şi afirmaţiile unei asemenea arte depind mereu de formele vechi, care aici mai licăre doar neclar. Căci haosul pur este absolut neinteresant.
Dacă se judecă tendinţele artei moderne ple- cind de la această analogie — şi am accentuat deja că este vorba aici de un punct de vedere foarte special —, atunci cel mai puternic element pozitiv ar fi numit tendinţa spre universalitate. Arta nu se mai poate lega de tradiţia unui cerc cultural oarecare, determinat, ea vrea să reprezinte un sentiment al vieţii pe care-l simt oamenii în relaţia cu întreg Pămîntul. Faptul că o asemenea tendinţă se poate folosi totuşi şi de mijloacele formale tradiţionale este demonstrat de poezia aviatorului francez Exupery. Forma este mereu neimportantă faţă de conţinut. O nouă limbă care să exprime acest nou sentiment universal al vieţii în mod nemijlocit şi obligatoriu pentru toţi nu a fost încă găsită, poate, deoarece realmente ea nu este evidentă ; din cele mai bune opere ale artei contemporane se înţelege în ce direcţie trebuie căutată o asemenea limbă.
Probabil că pot fi comparate multe lucruri care se petrec astăzi în artă, tocmai ceea ce este înstrăinat în ea, cu acelea din cunoscutul stadiu anterior neclar din ştiinţă ; ceea ce pare la început atît de nesatisfăcător în particular va crea spaţiul pentru cunoaşterea noilor raporturi şi pentru un nou limbaj. In această măsură am putea fi în general optimişti şi asupra viitorului artei, deoarece acest stadiu pregătitor se va încheia şi va conduce la o epocă a

formelor clare. Nu trebuie totuşi să exagerăm prin cuvinte mari ceea ce s-a petrecut pînă acum. Dacă, de exemplu, într-o lucrare importantă asupra picturii din secolul al XX-lea se scrie : „Am distrus prin conceptul nostru de viaţă culturile lumii, însă mortul trăieşte şi acţionează în ţesutul celui viu", atunci îmi pare că avem aici de-a face cu vorbe prea mari pentru un lucru rău ; acelaşi lucru fusese rău şi în ştiinţă. A fost nevoie de un mare efort pentru ca de aici să se regăsească dri nul spre ordine.
Tema generală a simpozionului de astăzi
sună : ,.Semnificaţia cunoştinţelor şi a experienţelor ştiinţelor moderne ale naturii pentru artă". De aceea, în măsura în care luăm în serios analogia despre care a fost de mai multe ori vorba, va trebui să formulăm încă cîteva experienţe pe care le-am făcut noi, oamenii de ştiinţă, în evoluţia obiectului nostru şi care ar putea fi de folos pentru dezvoltarea viitoare a artei.
Aş dori să încep aceste observaţii finale cu o întrebare care se raportează la un cuvînt la modă în timpul nostru, cuvîntul „revoluţie". Se vorbeşte atît de des de revoluţie în ştiinţă, revoluţie în artă, revoluţie în societate. întrebarea trebuie astfel formulată : Cum se înfăptuieşte o revoluţie în ştiinţă ? Răspunsul sună astfel : prin aceea că se încearcă să se modifice pe cît este posibil de puţin ; prin aceea că se concentrează toate eforturile spre soluţionarea unei probleme speciale, vădit nerezolvată, şi în aceasta se procedează atît de conservator pe cît este posibil. Căci numai acolo unde noul ne este impus de însăşi problema cercetată, unde el provine într-o măsură determinată din afară, nu de la noi, acesta are mai tîrziu forţă transformatoare. Şi poate va atrage după el modificări extrem de mari. După experienţele noastre din ştiinţă, nimic nu este mai steril decît maxima : trebuie cu orice preţ să faci ceva nou. Astfel, în ştiinţa noastră, fizica atomică, căutarea unor noi posibilităţi formale, a unor noi scheme matematice nu a produs nimic pînă cînd conţinutul noilor corelaţii nu a devenit vizibil. Şi mai neraţională ar fi opinia că ar trebui distruse toate formele vechi, noul avînd să se nască apoi de la sine. Cu o asemenea regulă, absolut

sigur, nu am fi progresat niciodată în ştiinţă ; căci, în primul rînd, fără vechile forme nu am fi putut găsi niciodată forme noi ; şi, în al doilea rînd, în ştiinţă, ca şi în artă, nu se întîmplă nimic de la sine, aici trebuie noi înşine să dăm configuraţie noului. In fine, nu trebuie uitată nici avertizarea : deşi la sfîrşit este vorba de o nouă structură şi de constituirea unor noi forme, noile forme pot să se nască numai din- tr-un conţinut nou ; niciodată nu se poate petrece invers. A face artă nouă înseamnă astfel, a face vizibile sau audibile noile conţinuturi, nu doar a inventa forme noi.

Poate îmi va fi permis să sintetizez încă o dată conţinutul acestei expuneri într-un număr de propoziţii pe care le concep ca provocări pentru discuţia viitoare. Se poate recunoaşte în artă, ca şi în ştiinţă, o tendinţă spre universalitate. în ştiinţele naturii dorim să interpretăm unitar toate fenomenele fizice, să înţelegem dintr-un punct de vedere unitar fiinţele vii şi am parcurs deja pe acest drum o lungă distanţă. In artă dorim să exprimăm un temei al vieţii care ar fi comun tuturor oamenilor de pe Pămînt. Această tendinţă spre unificare şi sintetizare conduce în mod necesar spre abstracţie, probabil în artă la fel ca şi în ştiinţă. Ceea ce vedem astăzi în arta modernă nu aparţine însă, probabil, acestei trepte a abstracţiei ; el corespunde poate tocmai acelui stadiu tulbure care a trebuit să fie parcurs şi în ştiinţă, în care se presimte că formele de pînă acum nu pot fi suficiente pentru a reprezenta noul conţinut mai cuprinzător ; în care acest conţinut, întrucît nu este suficient dc clar, de viu, nu poate fi totuşi cuprins formal. Astfel îi apare astăzi imaginea artei unuia care judecă plecînd de la evoluţia ştiinţelor naturii, dar care ştie totuşi, în acelaşi timp, că această judecată poate fi superficială şi nejustificată.

TRANSFORMĂRI ALE STRUCTURILOR DE GÎNDIRE IN PROGRESUL ŞTIINŢEI

în cele ce urmează va fi vorba de modificarea structurilor de gîndire în cadrul progresului ştiinţei. Trebuie să vă mărturisesc că iniţial mă gîndisem la o formulare ceva mai provocatoare a temei mele : „Cum se face o revoluţie ?" ;

mi-a fost teamă însă că dumneavoastră aţi fi aşteptat mult prea multe de la conferinţa mea ; m-am temut poate şi de faptul că o asemenea formulare ar fi atras un public neadecvat. De aceea m-am mulţumit cu tema mai precaută „Transformări ale structurilor de gîndire". Va trebui să admitem însă că tocmai în ultimii 100 de ani, cel puţin în istoria ştiinţei noastre, în fizică, s-au produs transformări atît de radicale ale structurilor de gîndire, încît putem fi îndreptăţiţi să vorbim de una sau chiar de mai multe revoluţii ; numai în sensul „transformări ale structurilor de gîndire" se va folosi aici cuvîntul „revoluţie".
Ar trebui poate să schiţez la început modificările în structura gîndirii care s-au petrecut de la întemeierea fizicii newtoniene. Este raţional să se ia fizica newtoniană ca punct de plecare, întrucît metoda ştiinţei moderne, experimentul şi descrierea exactă a fenomenelor şi a raporturilor lor, s-a format şi s-a dezvoltat numai odată cu această fizică. Pe atunci oamenii se interesau de mişcarea corpurilor sub influenţa forţelor. Din cauza marelui succes al ştiinţei newtoniene şi a evidenţei intuitive a enunţurilor ei — care nu era însă întot-deauna prezentă —, s-a născut ideea că în cele din urmă toate fenomenele fizice vor putea fi înţelese plecînd de la aceste concepte. Cele mai importante concepte erau astfel timpul, spaţiul, corpul, masa, poziţia, viteza, acceleraţia, forţa. Forţa reprezenta o acţiune a unui corp asupra altuia.
O vreme s-a putut extinde mecanica newtoniană păstrîndu-se acest sistem conceptual. Hi- drodinamica, de exemplu, a apărut din mecanica newtoniană, prin conceperea doar ceva mai generală a noţiunii de corp. Apa nu era, evident, un corp solid. Elementele de volum din lichide puteau fi însă concepute tot ca corpuri, în sensul mecanicii newtoniene, reuşindu-se astfel să se găsească o reprezentare matematică a cinematicii. şi dinamicii fluidelor, confirmată prin experienţă. S-a formulat obişnuinţa de gîndire de a ne întreba mereu asupra mişcărilor corpurilor sau a unor particule materiale sub influenţa forţelor.

Numai în secolul al XlX-lea s-au atins graniţele unui asemenea mod de a gîndi şi întreba. Dificultăţile s-au ivit în două locuri diferite şi în două maniere diferite. In teoria electricităţii s-a dovedit insuficient conceptul de forţă pe care un corp o exercită asupra altuia. Faraday a fost acela care a arătat, înaintea tuturor, că fenomenele electrice se pot înţelege mai bine dacă forţa se interpretează ca o funcţie de spaţiu şi timp, analoagă distribuţiei de viteză sau distribuţiei de presiune într-un fluid sau într-un corp elastic. Cu alte cuvinte : dacă se trece la conceptul de cîmp de forţe. O asemenea trecere părea, din punctul de vedere al fizicii clasice, numai atunci acceptabilă dacă se admitea că există o substanţă, eterul, egal distribuită în spaţiul cosmic, al cărei cîmp de tensiune sau cîmp de distorsiune ar putea să fie identificat cu cîmpul de forţe al electrodinami- cii. Fără un asemenea eter ipotetic nu era posibil să se interpreteze electrodinamica plecînd de la lumea conceptelor newtoniene. Numai după decenii s-a observat că acest eter ipotetic era de fapt absolut inutil, că el nu putea sau nu trebuia să se manifeste în fenomene, că deci era mai corect să i se acorde cîmpului de forţe o realitate fizică proprie, independentă de orice corp. Prin introducerea unei asemenea realităţi fizice s-a spart însă decisiv cadrul fizicii newtoniene. Trebuiau să se formuleze alte probleme decît cele care se puteau pune în fizica anterioară. Intr-un mod cu totul general, s-ar putea spune că o modificare a structurii de gîndire se reliefează prin faptul că termenii primesc o semnificaţie diferită de aceea pe care o aveau înainte şi prin faptul că se pun alte probleme decît înainte.

Al doilea punct în care a ieşit în evidenţă insuficienţa vechiului sistem conceptual newto- nian a fost termodinamica ; aici dificultăţile au fost mult mai subtile, mai puţin vizibile decît în teoria electricităţii. Totul părea la început simplu. Se putea aplica statistica la mişcarea unui mare număr de molecule, iar prin aceasta se puteau înţelege legităţile termodinamicii fe-nomenologice. Numai după ce s-a încercat să se întemeieze ipoteza dezordinii care aparţinea unei asemenea statistici, s-a observat că

pentru aceasta va trebui depăşit cadrul fizicii newtoniene. Primul care a înţeles acest fapt în toată stricteţea lui a fost Gibbs. Au durat însă decenii pînă cînd concepţia lui Gibbs a reuşit să se impună — cel puţin într-o măsui ă parţială — şi poate şi astăzi ea pare multora străină şi neinteligibilă. In orice caz, înţelegerea ei cere o modificare a structurii de gîndire, întrucît în ea apare conceptul de situaţie a observării, care lipsea în fizica newtoniană, şi de aceea se pun adesea alte probleme fără ca aceasta să se realizeze în mod conştient.
La modificări cu adevărat radicale ale fundamentelor gîndirii fizice ne-a obligat însă numai secolul al XX-lea, prin teoria relativităţii şi teoria cuantică. In teoria relativităţii s-a scos în evidenţă faptul că conceptul de timp din mecanica newtoniană nu mai este aplicabil atunci cînd este vorba de fenomene în care joacă un rol mişcările cu viteze foarte mari. Deoarece independenţa spaţiului şi a timpului aparţinuse presupoziţiilor fundamentale ale gîndirii anterioare, această structură de gîndire a trebuit să se modifice dacă se dorea să se recunoască relaţiile dintre spaţiu şi timp, cerute de teoria relativităţii. Conceptul absolut al simultaneităţii, aşa cum fusese el presupus ca de la sine înţeles în mecanica newtoniană, a trebuit să fie părăsit, fiind înlocuit ca unul care este dependent de starea de mişcare a observatorului. Critica repetată a teoriei relativităţii, contestarea ei îndîrjită de către anumiţi fizicieni şi filozofi, îşi are tocmai aici rădăcinile. Schimbarea struc-turii de gîndire, care este cerută aici, a fost considerată de aceşti critici pur şi simplu de neînchipuit. Ea reprezintă, cu toate acestea, condiţia necesară pentru o înţelegere a fizicii actuale.
Mult mai înalte au fost exigenţele formulate de către teoria cuantică. însăşi descrierea obiectivă a naturii în sens newtonian — în care se atribuiau valori precise unor mărimi de stare . ale sistemului, cum sînt locul, viteza, energia — a trebuit să fie părăsită în favoarea unei descrieri a situaţiilor de observaţie în care unor rezultate li se pot pune în corespondenţă doar probabilităţi. Termenii în care se vorbeşte despre fenomenele atomare au devenit

în acest fel problematici. Se putea vorbi despre unde sau despre particule, dar în acelaşi timp trebuia să se recunoască că nu era deloc vorba de o descriere dualistă a fenomenelor, ci, dimpotrivă, de una unitară ; sensul vechilor cuvinte, într-o anumită măsură, dispăruse. Este cunoscut 'Că fizicieni atît de mari cum au fost Einstein, von Laue, Schrodinger nu erau pregătiţi sau nu erau în stare să realizeze în structura gîndirii lor această schimbare.
Se poate constata retrospectiv că, în acest secol, în ştiinţa noastră au fost două mari revoluţii ştiinţifice, care au deplasat fundamentele fizicii şi, prin aceasta, au modificat întreaga construcţie a acestei ştiinţe. Trebuie să ne întrebăm acum cum s-au produs asemenea transformări radicale sau — pentru a ne exprima mai sociologic, însă prin aceasta şi mai nepotrivit — cum a reuşit un grup mic de fizicieni să oblige pe alţii la aceste modificări în structura ştiinţei şi a gîndirii. Căci nu trebuie să amintim că ceilalţi mai întîi s-au opus, au trebuit să se opună. Trebuie să preîntîmpin o obiecţie imediată, numai parţial îndreptăţită, care se ridică în acest punct. S-ar putea spune că această comparare a unei revoluţii din ştiinţă cu o revoluţie din societate este absolut eronată, deoarece în cele din urmă în ştiinţă este vorba despre ceva corect sau fals, pe cînd în societate despre ceva dezirabil sau mai puţin dezirabil. Această obiecţie ar putea fi parţial justificată. Oricum, trebuie să se admită că în locul conceptelor „corect" şi „fals" în societate ar putea apărea şi „posibil" sau „imposibil" ;
căci în condiţii exterioare date nu va outea fi
«
posibilă orice formă socială. Posibilitatea istorică reprezintă astfel un criteriu obiectiv al corectitudinii, după cum în ştiinţă acest criteriu este experimentul. Oricum ar fi, ne vom întreba cum s-au produs aceste revoluţii.
îmi este permis poate să încep cu istoria teoriei cuantice, intrucît aceasta îmi este cel mai exact cunoscută. Atunci cînd s-a ajuns, în ultima treime a secolului trecut, la convingerea că atît termodinamica statistică cît şi radiaţia electromagnetică pot fi pe deplin înţelese, a trebuit să se

conchidă că se va putea reuşi să se deriveze şi legea radiaţiei aşa-numitului „corp negruu. Aici au apărut însă dificultăţi neaşteptate, care au generat un sentiment de incerti-tudine. Aplicarea directă a legilor termodinamicii statice, care se dovediseră altfel veridice, la teoria radiaţiei a condus la un rezultat absurd, care nu putea fi în nici un caz corect. Aceasta nu a făcut pe un fizician sau un grup de fizicieni să tragă alarma şi să cheme ia răsturnarea fizicii. Nici vorbă de aşa ceva. Fizicienii buni ştiau că această construcţie a fizicii clasice era atît de puternic articulată, atît de sigur ancorată în domeniul său prin mii de experimente încît o modificare prin forţă nu ar fi dus decît la contradicţii. De aceea s-a făcut cel mai raţional lucru dintre cele care se pot face la început în asemenea cazuri : s-a aşteptat dacă nu cumva prin noua evoluţie vor apărea puncte de vedere care să permită o soluţionare a dificultăţilor în cadrul fizicii clasice. Printre fizicienii care s-au ocupat cu aceste probleme, a existat un fizician, un spirit extrem de conservator, care nu s-a mulţumit cu simpla aşteptare, ci a crezut că prin analize mai atente, mai profunde s-ar putea ajunge la aceste noi puncte de vedere. Acesta era Max Planck. El nu se gîndea la răsturnarea fizicii clasice, ci dorea numai să se clarifice problema încă nerezolvată a radiaţiei „corpului negru". In cele din urmă, spre groaza sa, Planck a descoperit că pentru interpretarea acestei radiaţii fusese nevoit să introducă o ipoteză care nu mai corespundea cadrului fizicii clasice, care părea din punctul de vedere al acestei fizici vechi o idee complet nebunească. El a încercat apoi să înmoaie ipoteza sa cuantică, pentru a face mai puţin eclatantă contradicţia ei cu fizica clasică. Insă nu a avut, în această direcţie, nici un succes.
Numai după aceea s-a făcut pasul următor, care a anunţat începutul unei adevărate revoluţii. Einst~in a stabilit că trăsăturile teoriei cuantice a lui Planck, care contraziceau fizica clasică, se manifestă şi la alte fenomene, de exemplu la căldura specifică a corpurilor solide sau la radiaţia luminoasă. Plecînd de aici, teoria cuantică s-a extins treptat, pătrunzînd în structura atomului, în chimie, în

teoria corpurilor solide ; în mereu mai multe locuri s-a recunoscut că ipoteza cuantică descrie, evident, o caracteristică esenţială a naturii care fusese neglijată pînă atunci. Fizicienii au început să se împace cu gîndul că, din cauza contradicţiilor interne inevitabile, nu era posibilă, cel puţin temporal, o înţelegere reală a fizicii.
Ştiţi cum s-a mers mai departe. Numai la sfîrşit, la mijlocul anilor '20, a devenit clar cît de radicală era reconstrucţia la care trebuia supus întregul edificiu al fizicii, în special fundamentele lui. Tocmai atunci s-au impus şi rezis-tenţele puternice împotriva teoriei încheiate. Pînă atunci teoria cuantică nu trebuia să fie luată în serios, ea ascundea prea multe contradicţii interne, de aceea, cu siguranţă, nu putea să fie valabilă. Începînd însă cu a doua jumătate a deceniului al treilea, teoria cuantică era încheiată şi necontradictorie. Acela care dorea s-o înţeleagă trebuia, cel puţin în domeniul fizicii, să-şi modifice structura de gîndire, el trebuia să pună alte întrebări şi să folosească alte ima-gini intuitive decît acelea de pînă ac m. Cunoaşteţi că aceasta a creat dificultăţi dintre cele mai mari multor fizicieni. înşişi Einstein, von Laue, Planck, Schrodinger nu erau pregătiţi să recunoască ca valabilă noua situaţie creată după revoluţie. Dar accentuez încă o dată, în nici un moment al istoriei cuantice nu a existat vreun fizician sau vreun grup de fizicieni care să fi dorit să provoace o răsturnare a fizicii.
Să comparăm însă această evoluţie a teoriei cuantice cu alte revoluţii care s-au produs înainte în istoria fizicii. Să ne întrebăm deci cum s-a născut teoria relativităţii. Punctul ei de plecare l-a constituit electrodinamica corpurilor în mişcare. întrucît undele Hertz erau concepute ca oscilaţii ale unui mediu elastic, eterul — ple- cînd astfel de la cadrul conceptual al fizicii newtoniene —, a trebuit să se pună întrebarea : ce s-ar întîmpla dacă într-un experiment am avea de-a face cu corpuri care se află în mişcare relativ la eter. S-au formulat propuneri neclare care, deja din cauza caracterului lor complicat, păreau false. Ar fi, desigur, foarte tentant să cercetăm cînd o formulă propusă pare falsă şi cînd nu. Nu vreau însă să mă opresc la aceasta. Vă

amintesc mai degrabă că noţiunea „mişcare relativă la eter" a părut suspectă încă de pe atunci multor fizicieni, întrucît eterul nu putuse fi observat încă niciodată. Fizicienii aveau impresia că intraseră într-un hăţiş şi au fost bucuroşi că se putea cerceta experimental mişcarea Pămîntului faţă de eter prin renumitul experiment al lui Michelson. După cum se ştie, rezultatul a arătat că nici aici nu se observa absolut deloc prezenţa eterului. Ca urmare s-a răspîndit printre fizicieni un scepticism general faţă de ideea de eter şi faţă de calculele înteme-iate pe ea. Nici atunci nu a existat însă vreun grup de fizicieni care să fi tras semnalul de alarmă şi să anunţe răsturnarea fizicii existente. Dimpotrivă, s-au depus eforturi pentru a se găsi o soluţie în cadrul fizicii de atunci, acceptîn- du-se modificări extrem de mici ale acesteia. Astfel, Lorentz a făcut propunerea introducerii unui timp aparent în sistemele de referinţă aflate în mişcare, corelat cu timpul măsurat în sistemele aflate în repaus prin celebrele transformări Lorentz, şi a acceptării ideii că acest timp este hotărîtor pentru deosebirile de deplasare dintre diferitele raze de lumină. Numai după aceea a observat Einstein că întreaga imagine s-ar simplifica infinit dacă s-ar identifica timpul aparent al transformărilor Lorentz cu timpul real. Prin aceasta, transformările Lorentz au devenit o afirmaţie asupra structurii spa-ţiului şi timpului. Dacă se consideră validă această afirmaţie, atunci cuvintele „spaţiu" şi „timp" primesc altă semnificaţie decît aceea din fizica newtoniană. Conceptul de simultaneitate a fost relativizat, iar structura gîndirii noastre fizice, care presupune conceptele de „spaţiu" şi „timp", s-a modificat. Şi împotriva acestei revoluţii a apărut mai tîrziu o puternică opoziţie, care a provocat nenumărate discuţii asupra teoriei relativităţii. Pentru moment nu vreau să accentuez decît faptul că şi această revoluţie din fizică s-a produs fără ca cineva să fi avut intenţia de a distruge construcţia fizicii clasice sau de a o modifica în mod radical.

Să ne întoarcem cu încă o etapă înapoi în istoria fizicii, la teoria lui Maxwell şi la termodinamica statistică; astăzi nu

ne mai dăm seama de obicei că şi atunci a fost vorba de profunde transformări ale gîndirii fizice. Nu mai putem însă să considerăm astăzi aceste transformări independent de acelea care s-au produs mai tîrziu în cadrul teoriei relativităţii şi al teoriei cuantice. Introducerea conceptului de cîmp de către Faraday şi Maxwell a fost, pentru a spune astfel, primul pas în introducerea cîmpului ca o realitate fizică de-sine-stătă- toare prin renunţarea ulterioară la imaginea eterului, iar în forma pe care Gibbs a dat-o termodinamicii statistice a fost anticipat deja conceptul de stare de observare, care a jucat mai tîrziu un rol atît de decisiv în teoria cuantică. Faptul că a fost vorba de modificări importante în structura gîndirii fizice se poate recunoaşte retrospectiv poate cel mai evident după rezistenţa pe care aceste teorii au înfrun- tat-o multă vreme. Despre acest aspect al problemei va fi vorba însă mai tîrziu. Şi despre aceste două cazuri este valabil ceea ce s-a spus mai sus despre teoria relativităţii şi teoria cuantică ; în nici un stadiu al dezvoltării nu s-a gîndit vreun fizician la răsturnarea fizicii existente. Dimpotrivă, multă vreme s-a sperat că se va putea reuşi să se înţeleagă noile fenomene în cadrul fizicii newtoniene, numai în faza finală dovedindu-se că înseşi fundamentele fizicii fuseseră deplasate.
Cîteva cuvinte despre rezistenţa puternică pe care a primit-o orice modificare în structura de gîndire. Acela care lucrează în ştiinţă este obişnuit să cunoască de-a lungul vieţii noi fenomene sau noi interpretări ale fenomenelor sau poate să le descopere el însuşi. El este pregătit să-şi completeze gîndirea sa cu noi conţinuturi. El nu poate fi, în sensul obişnuit al termenului, un spirit conservator. De aceea, progresul ştiinţei se produce în general fără mari rezistenţe şi învrăjbiri. Cu totul alta este însă situaţia cînd un grup de fenomene ne obligă la modificări în structura gîndirii. Aici chiar fizicieni deosebit de remarcabili întîm-pină dificultăţi foarte mari. Deoarece exigenţa schimbării structurii de gîndire poate naşte sentimentul unei prăbuşiri a terenului de sub picioare. Un savant care a obţinut ani de-a rîn- dul mari succese în ştiinţă cu structura de gîndire la care s-a adaptat în tinereţe nu poate fi gata să-şi

modifice această structură numai pe baza unor noi experimente. în cazul cel mai favorabil, poate apărea o modificare de conşti-inţă, după confruntări de ani de zile cu noua situaţie, care să deschidă drumul spre noua manieră de gîndire. Cred că nu putem aprecia suficient de mult dificultăţile care apar în aceste situaţii. Cine a trăit desperarea cu care reacţionează în ştiinţă oameni inteligenţi şi concilianţi la provocarea schimbării structurii de gîndire se poate, dimpotrivă, doar mira că asemenea revoluţii sînt în general posibile în ştiinţă.
De ce se produc ele totuşi ? Răspunsul cel mai imediat, probabil însă unul necorespunzător ar suna : deoarece în ştiinţă există „adevărat" şi „fals" şi deoarece noile reprezentări sînt tocmai cele adevărate, iar cele vechi false. Acest răspuns presupune că în ştiinţă adevărul se impune întotdeauna. Aceasta însă nu corespunde del^c. Astfel, reprezentarea heliocentrică asupra sistemului planetar pe care a dezvoltat-o Aristarch a fost părăsită în favoarea concepţiei geocentrice a lui Ptolemeu, deşi aceasta era falsă. Şi mai necorespunzătoare ar fi, desigur, o altă întemeiere a succesului revoluţiilor : ele se impun deoarece fizicienii se alătură bucuros unei mari personalităţi revoluţionare, cum a fost, de exemplu, Einstein. Nici vorbă de aşa ceva ; căci rezistenţa interioară în faţa unei modificări a structurii de gîndire este mult prea puternică pentru a putea fi depăşită prin autoritatea unui singur om. Adevărata justificare este următoarea : cei care activează în domeniul ştiinţei observă că prin noua structură de gîndire se pot obţine succese mai mari în disciplina lor decît cu cele vechi ; deoarece noul se dovedeşte mai fructuos. Căci acela care s-a decis pentru calea ştiinţei doreşte înainte de toate să progreseze, să fie mereu prezent atunci cînd se deschid noi drumuri. El nu se mulţumeşte numai să repete ceea ce este vechi şi ceea ce a fost mereu spus. De aceea, el va fi interesat de acele probleme în cazul cărora, pentru a spune astfel, ,,este ceva de făcut", cînd i se prefigurează o activitate rodnică. Astfel s-au impus teoria relativităţii şi teoria cuantică. Desigur, prin aceasta se stabi-leşte ca ultimă instanţă un criteriu de

valoare pragmatic, şi nu putem fi absolut siguri că astfel se realizează întotdeauna ceea ce este adevărat. Cel mai renumit exemplu este din nou astronomia ptolemaică. In orice caz însă, aici se manifestă forţe care ar putea fi mai puternice decît rezistenţa internă împotriva unei schimbări a structurii de gîndire.
Să ne reîntoarcem din nou de la stadiul final al unei revoluţii ştiinţifice la stadiul ei iniţial. Din exemplele pe care le-am adus cred că se poate înţelege că în istorie nu a existat niciodată dorinţa unei reconstrucţii radicale a fizicii. La început se află mai degrabă mereu o problemă specială, delimitată, care nu mai poate găsi o soluţionare în cadrul tradiţional. Revoluţia va fi realizată de cercetători care încearcă să rezolve această problemă specială, dar care doresc să modifice pe cît posibil de puţin restul ştiinţei anterioare. Tocmai dorinţa de a modifica cît mai puţin posibil starea anterioară ne relevă faptul că, în ceea ce priveşte noul, avem de-a face cu o necesitate obiectivă, că modificarea structurii de gîndire este impusă de fenomene, de natura însăşi, şi nu de vreo autoritate umană oarecare.
îmi este permis să deplasez această analiză şi asupra altor revoluţii, cum sînt acelea din artă sau din societate ? Doresc acum, la sfîrşit, să revin astfel la întrebarea pe care am formulat-o la început : „cum se face o revoluţie ?" Pentru moment aş admite, provizoriu, fără o discuţie cu istoricii, că răspunsul meu ar putea fi valabil în toate domeniile. Atunci răspunsul ar suna astfel : prin aceea că se încearcă să se modifice atît de puţin pe cît este posibil. Dacă, natural, s-a înţeles că există o problemă care nu poate fi rezolvată în cadrul tradiţional, atunci trebuie să se concentreze toate forţele numai asupra soluţionării acestei probleme, fără a ne gîndi mai întîi la modificările din alte domenii. Atunci avem — cel puţin în ştiinţă — cea mai mare probabilitate ca din aceasta să se poată naşte o adevărată revoluţie, în măsura în care există necesitatea unor noi fundamente. Aceasta însă am presupus-o deja, fără această necesitate nu se produce cu siguranţă absolut nimic ce s-ar putea compara cu o revoluţie. Aş dori să las istoricilor

prezenţi aici să mediteze asupra faptului dacă răspunsul formulat mai sus este valabil în istorie. Eu aş putea să aduc ca exemplu pentru această concepţie reforma bisericii de către Luther. Necesitatea reformării bisericii din acea vreme a fost înţeleasă de Luther şi de alţii, dar la început aceasta nu a avut nici un fel de urmări. Luther a înţeles apoi că acel comerţ cu indulgenţe batjocorea convingerile religioase ale oamenilor şi a considerat absolut necesar ca lucrurile să fie puse în ordine. Luther nu a avut niciodată intenţia de a modifica religia sau de a dezbina biserica. La început el şi-a concentrat toate forţele pentru rezolvarea acestei probleme a comerţului cu indulgenţe ; din aceasta a urmat însă reforma, istoric inevitabilă.
De ce este însă fals să se ceară distrugerea întregii realităţi existente cînd după aceea are loc totuşi o revoluţie ? Din cele ce au fost spuse pînă acum, răspunsul reiese de la sine : deoarece prin aceasta se intră în pericolul de a voi să introduci necritic modificări şi acolo unde legile naturii fac pentru totdeauna imposibilă o modificare. In ştiinţă numai fantaştii sau nebunii, cum sînt inventatorii unui perpetuum mobile, încearcă să ignoreze pur şi simplu legile existente ale naturii, iar din aceasta, evident, nu se produce nimic. Numai acela care se străduieşte să schimbe atît de puţin cît este posibil poate avea succes, deoarece el evidenţiază prin aceasta necesitatea obiectivă, iar mi-cile modificări, care în cele din urmă se dovedesc a fi absolut necesare, obligă apoi, în decursul anilor sau al deceniilor, la modificări în structura de gîndire, deci la transformări în fundamente.
V-am expus această analiză a evoluţiei istorice a fizicii noastre deoarece mă tem că termenul „revoluţie", la modă astăzi, ar putea conduce pe mulţi în direcţii eronate şi intrucît cred că cercetarea istoriei fizicii moderne ar putea contribui la înlăturarea acestor orientări greşite. Dar, aşa cum am spus, vă las să meditaţi cît de mult pot fi comparate revoluţiile din ştiinţă cu revoluţiile din societate ; o asemenea analiză poate fi întotdeauna numai pe jumătate adevărată ; ea însă nu a fost reliefată aici decît pentru a o supune cercetării şi dezbaterii dumneavoastră.

SEMNIFICAŢIA FRUMOSULUI IN ŞTIINŢELE EXACTE ALE NATURII

Atunci cînd un reprezentant al ştiinţelor naturii ia cuvîntul la o festivitate a Academiei de artă, el nu poate cuteza să exprime opinii personale pe tema artei ; căci artele sînt departe de domeniul activităţii sale. Poate îi este însă permis să abordeze problema frumosului. întrucît, deşi epitetul „frumos" este întrebuinţat pentru caracterizarea artelor, domeniul frumosului se întinde cu mult dincolo de cîmpul lui de acţiune. Cu siguranţă, el cuprinde şi alte domenii ale vieţii sprituale, iar frumuseţea naturii se reflectă şi în frumuseţea ştiinţei.

Poate este bine să ne întrebăm mai întîi, fără vreo încercare de analiză filozofică a conceptului de „frumos", unde se poate întîlni frumosul în cadrul ştiinţelor exacte. Să mi se permită să încep cu un eveniment personal. Pe cînd eram elev în clasele inferioare ale Gimnaziului Max de aici, din Miinchen, mă interesau numerele. Mă bucura deosebit să le cunosc proprietăţile, de exemplu să ştiu dacă ele sînt numere prime sau nu, să probez dacă nu ar putea fi reprezentate ca sume ale unor puteri pătrate sau, în fine, să demonstrez că trebuie să existe un număr nelimitat de numere prime. Deoarece tatăl meu considera mult mai importante cunoştinţele mele de latină decît interesul meu pentru aritmetică, mi-a adus odată de la biblioteca de stat un tratat scris în latină al matematicianului Kronecker, în care proprietăţile numerelor întregi erau puse în relaţii cu problema geometrică a împărţirii unui cerc într-un număr de părţi egale. Cum a ajuns tatăl meu la aceste cercetări din mijlocul secolului trecut, nu mai ştiu. Studiul tratatului lui Kronecker mi-a făcut însă o puternică impresie, căci am simţit cu totu] nemijlocit ca frumos faptul că din problema diviziunii cercului, ale cărei extrem de simple cazuri ne erau cunoscute deja din şcoală, se putea învăţa ceva asupra unor probleme de cu totul alt gen din teoria elementară a numerelor. Cu totul îndepărtat plutea deja întrebarea dacă există numere întregi şi forme geometrice, adică dacă ele există în afara minţii umane sau ele nu sînt decît instrumente construite de spiritul uman pentru

înţelegerea lumii. Asupra unor asemenea probleme nu puteam încă medita pe atunci. Numai impresia unui ceva foarte frumos era foarte directă, ea nu avea nevoie de nici o întemeiere sau explicare.
Ce era însă aici frumos ? Deja în antichitate existau două definiţii ale frumuseţii, care se aflau într-o anumită opoziţie una faţă de alta. Controversa dintre aceste două definiţii a jucat în special în Renaştere un mare rol. O definiţie determină frumuseţea ca fiind corespondenţa justă a părţilor între ele şi cu întregul. Cealaltă, mergînd pînă la Plotin, fără a se referi deloc la părţi, determină frumuseţea ca străbaterea fenomenelor materiale de către splendoarea divină a „Unului". Va trebui să ne oprim mai întîi, în cazul exemplului matematic, la prima definiţie. Părţile sînt aici proprietăţile nume-relor întregi, legile construcţiilor geometrice, pe cînd întregul este, evident, sistemul de axiome matematice subiacent, căruia îi aparţin aritmetica şi geometria euclidiană ; deci marele cadru garantat prin lipsa de contradicţii a sistemului de axiome. Recunoaştem că părţile individuale se acordă împreună, că ele aparţin tocmai ca părţi acestui întreg, şi simţim unitatea şi simplicitatea acestui sistem axiomatic, fără nici o reflecţie, ca frumoase. Frumuseţea nu are astfel nimic dc-a face cu străvechea problemă a „Unului" şi a „Multiplului", aceea care a stat — într-o strînsă corelaţie cu problema „fiinţei" şi ,,devenirii" — în centrul filozofiei anticc greceşti.
Întrucît şi rădăcinile ştiinţei exacte se află tot aici, ar fi bine să schiţăm, oricît de sumar, tendinţele de gîndire ale epocii antice. La începutul filozofiei greceşti a naturii se află problema principiului fundamental, din care se poate înţelege multiplicitatea pestriţă a fenomenelor. Răspunsul cunoscut al lui Thales, „Apa este temeiul material al tuturor lucrurilor", conţine, după Nietzsche, trei exigenţe filozofice fundamentale, care au devenit importante în evoluţia ulterioară, şi anume, prima, că trebuie să căutăm un asemenea principiu fundamental unitar, a doua, că răspunsul va trebui dat numai raţional, adică fără a se face apel la un mit, şi în fine, a treia, că latura materială a lumii trebuie să joace aici un rol hotărîtor. Sub aceste exigenţe

se ascunde, natural, cunoaşterea faptului că înţelegerea nu poate însemna niciodată decît : recunoaşterea în multiplicitate a raporturilor, adică a trăsăturilor unitare, a proprietăţilor înrudite.
Dacă există însă un asemenea temei unitar al tuturor lucrurilor, atunci sîntem împinşi necesar spre întrebarea — şi acesta a fost următorul pas pe această linie de gîndire —, cum devine inteligibilă modificarea plecînd de la el. Dificultatea poate fi recunoscută în special în celebrul paradox al lui Parmenide : dacă numai existenţa există, atunci nu poate fi nimic în afara existenţei, care ar fracţiona această existenţă, caro i-ar putea provoca modificările. De aceea, existenţa trebuie să fie concepută ea veşnică, avînd o singură formă, ca nelimitată în spaţiu şi timp. Modificările, pe care le simţim nemijlocit, nu pot fi decît aperenţă.
Gîndirea greacă nu s-a putut opri multă vreme la acest paradox. Schimbarea veşnică a fenomenelor era nemijlocit dată, problema era aceea de a o explica. încercarea de a depăşi aceste dificultăţi a îndreptat diferiţi filozofi în direcţii diferite. Un drum a dus la teoria atomistă a lui Democrit. 'Pe lîngă existenţă poate exista, ea posibilitate, şi inexistenţa, şi anume ca o posibilitate a mişcării şi a formei, iar aceasta înseamnă : spaţiul vid. Existenţa este repetabilă, şi astfel se ajunge la imaginea atomului în spaţiul vid — această reprezentare care a fost infinit de rodnică mai tîrziu, ca te- temei al ştiinţelor naturii. Despre acest drum nu va fi mai mult vorba aici. Poate air trebui să fie descris mai exact celălalt drum, care a dus la ideile lui Platon şi care ne aduce în directa vecinătate a problemei frumosului.
Acest drum începe în şcoala lui Pitagora. Aici trebuie să se fi născut gîndul că matematica, ordinea matematică ar fi principiul fundamental, din care poate fi înţeleasă multitudinea fenomenală. Despre Pitagora însuşi sînt doar puţine lucruri cunoscute. Cercul său de elevi pare să fi fost mai degrabă o sectă religioasă, şi numai doctrina metempsihozei şi stabilirea unor anumite porunci şi interdicţii morale religioase pot fi legate cu siguranţă de

Pitagora. In şcoala sa, muzica şi matematica jucau însă un rol important, şi lucrul acesta a fost decisiv ulterior. Pitagora se pare că a făcut renumita descoperire după care corzile oscilatorii întinse sună armonic împreună dacă lungimile lor se află în raport raţional de numere. Structura matematică, şi anume raportul numeric raţional ca izvor al armoniei — cu siguranţă aceasta a fost una dintre descoperirile cele mai pline de consecinţe care s-au realizat în general în istoria umanităţii. Tonurile armonice comune a două corzi produc un sunet frumos. Urechea umană simte disonanţa din zgomotul vibraţiilor ea deranjantă, pe Cînd liniştea armoniei, consonanţa, ca frumoasă. Raportul matematic era prin aceasta şi izvorul frumosului.
Frumuseţea, aşa suna una dintre definiţiile antice, este corespondenţa justă a părţilor între ele şi cu întregul. Părţile sînt aici tonurile individuale, întregul este sunetul «armonic. Relaţia matematică poate reuni două părţi anterior independente într-un ceva întreg, producînd prin aceasta frumosul. Tocmai această descoperire care s-a realizat în doctrina pitagoricilor a produs forme cu totul noi de gîndire, ducînd la aceea că temeiul întregii existenţe nu mai trebuie considerat materie sensibilă — aşa cum era apa la Thales —, ci un principiu formal ideal. Prin aceasta s-a formulat o idee fundamentală, care a reprezentat mai târziu fundamentul întregii ştiinţe exacte a naturii. Aristotel ne spune despre pitagorici în Metafizica sa : „Ei, care cei dintîi s-au îndeletnicit cu matematica, făcînd-o să propăşească, s-au crezut îndreptăţiţi să considere principiile ei ca fiind principiile întregii fiinţe... Descoperind că ra-porturile şi legile armoniei muzicale se pot reda prin numere, că celelalte lucruri sînt făcute în natura lor după asemănarea numerelor, iar numerele sînt lucrul cel mai de seamă din lume, ajunseseră la concluzia că elementele numerelor sînt elementele tuturor lucrurilor şi că întregul univers se reduce la număr şi armonie". înţelegerea pestriţei multitudini a fenomenelor trebuie astfel să se producă prin aceea că noi recunoaştem în ele principii formale unitare, care ar putea fi exprimate în

limbajul matematicii. Prin aceasta însă se realizează şi un raport strîns între inteligibil şi frumos. Căci, dacă se recunoaşte frumosul ca fiind corespondenţa reciprocă a părţilor şi corespondenţa lor cu întregul şi dacă, pe de altă parte, orice înţelegere se poate realiza numai prin acest raport formal, atunci trăirea frumosului devine aproape identică cu trăirea inteligibilului sau, cel puţin, a raportului doar bănuit. Pasul următor în această direcţie a fost făcut de către Platon prin formularea doctrinei ideilor. Platon opune obiectelor imperfecte ale lumii corporale sensibile formele matematice perfecte, cum s-ar opune, de exemplu, orbitele imperfecte ale aştrilor cercului perfect, matematic definit. Lucrurile materiale sînt copii, umbre ale configuraţiilor ideale reale ; şi astfel, am încerca să continuăm astăzi, aceste forme ideale sînt reale deoarece şi în măsura în care ele devin „active" în procesele materiale. Platon deosebeşte, aşadar aici cu toată claritatea o existenţă corporală accesibilă simţurilor şi o existenţă pur ideală, care nu poate fi cuprinsă cu simţurile, ci numai în actele spirituale. Această existenţă ideală nu trebuie absolut deloc să fie produsă de gîndirea umană. Din contră, ea este existenţa veritabilă după care sînt copiate lumea corporală şi gîndirea umană. Conceperea ideilor de către spiritul uman este, după cum spune chiar numele ei, mai degrabă o privire artistică, o presimţire semiconştientă decît o cunoaştere raţională. Este o reamintire a formelor care sînt întipărite în acest suflet dinaintea fiinţării iui pe Pămînt. Ideile centrale sînt acelea ale frumosului şi binelui, în care este vizibil divinul şi prin contemplarea cărora îi cresc aripi sufletului. Intr-un fragment din Phmdon este exprimată ideea : sufletul se îngrozeşte, el se înfioară la contemplarea frumosului deoarece el simte că ceva se trezeşte în el, ceva ce nu a fost transpus în el din afară, ci a fost deja întotdeauna plasat în el într-un domeniu adînc, inconştient.
Să ne întoarcem însă din nou la înţelegere şi deci la ştiinţă. Multiplicitatea diversă a fenomenelor poate fi înţeleasă, spun Pitagora şi Platon, deoarece şi în măsura în care există principii unitare subiacente, accesibile unei

reprezentări matematice. Prin aceasta a fost anticipat de fapt întregul program al ştiinţelor contemporane exacte ale naturii. El însă nu s-a putut realiza în antichitate, deoarece lipseau în mare măsură cunoştinţele empirice asupra detaliilor proceselor.
Prima încercare de a se pătrunde în cunoaşterea acestor detalii s-a realizat, după cum se ştie, în filozofia lui Aristotel. Dar multitudinea nemărginită care i se oferă la început cercetătorului care observă natura, în condiţiile lipsei complete a oricăror puncte de vedere, plecînd de la care s-ar putea recunoaşte o ordine, a trebuit să ducă la retragerea principiilor formale unitare, pe care le căutaseră Pitagora şi Platon, în faţa descrierii detaliilor. Aşa se întîmplă în orice epocă a opoziţiei, care se manifestă, de exemplu, şi astăzi în discuţia dintre fizica experimentală şi fizica teoretică, dintre cercetătorul empiric, care printr-o muncă migăloasă, atentă şi conştiincioasă creează mai întîi condiţiile pentru o înţelegere a naturii, şi teoreticianul, care schiţează imagini matematice prin care încearcă să ordoneze şi să se înţeleagă natura — imagini matematice care se dovedesc a fi idei adevărate, subiacente proceselor naturii nu numai prin reprezentarea corectă a experienţei, ci înainte de toate şi prin simplitatea şi frumuseţea lor. încă Aristotel s-a exprimat ca un cercetător empiric asupra pitagoricilor oare, aşa cum spunea el, „nu caută explicaţiile şi teoriile avînd în vedere faptele, ci, preferind teoriile şi opiniile favorite, desfigurează faptele şi se grozăvesc ca ordonatori ai cosmosului". Privind retrospectiv istoria ştiinţelor exacte ale naturii, s-ar putea constata că descrierea corectă a fenomenelor naturale s-a dezvoltat tocmai prin tensiunea dintre cele două concepţii opuse. Speculaţia matematică pură devine nefructuoasă deoarece ea nu mai regăseşte drumul de la jocul cu mulţimea formelor posibile la acele puţine forme după care natura este realmente consti-tuită. Iar empiria pură este nerodnică, deoarece ea se sufocă, în cele din urmă, în nesfîrşite clasificări fără o relaţie interioară. Numai din tensiunea, din jocul dintre

multitudinea faptelor şi formelor matematice care ar putea să le co-respundă pot apărea progresele decisive. Această tensiune nu a mai putut fi reluată în antichitate, şi astfel, pentru multă vreme, calea cunoaşterii s-a separat de calea frumosului. Semnificaţia frumosului pentru înţelegerea naturii a devenit din nou evidentă atunci cînd odată cu debutul epocii moderne s-a revenit de la Aristotel la Platon. Şi numai prin această întoarcere s-a dezvăluit întreaga rodnicie a modului de gîndire iniţiat de Pitagora şi Platon.

Deja renumitele experienţe cu căderea corpurilor, pe care Galilei nu le-a întreprins totuşi în Turnul înclinat din Pisa, ne arată în modul cel mai clar acest lucru. Galilei începe cu observaţii atente, fără a lua în seamă autoritatea lui Aristotel; totuşi el încearcă — urmînd doctrina lui Pitagora şi Platon — să găsească forme matematice care corespund faptelor observate empiric şi astfel ajunge la legile căderii corpurilor. El a trebuit însă, şi acesta este un punct decisiv pentru a recunoaşte în fenomene frumuseţea formelor matematice, să idealizeze faptele sau, cum a formulat-o dezaprobator Aristotel, să desfigureze faptele. După doctrina lui Aristotel, toate corpurile aflate în mişcare dacă înce-teză acţiunea unor forţe externe ajung în cele din urmă in repaus, iar tocmai aceasta este experienţa generală. Galilei afirmă, dimpotrivă, că corpurile îşi păstrează starea de mişcare uniformă în lipsa acţiunii unor forţe exterioare. Galilei a putut îndrăzni să deformeze astfel faptele deoarece el a putut să arate faptul că corpurile aflate în mişcare sînt supuse permanent unei rezistenţe de frecare şi că în realitate mişcarea persistă cu atît mai mult cu cît sînt excluse mai bine aceste forţe de frecare. Prin aceste deformări ale faptelor, prin această idealizare, Galilei a obţinut o lege matematică simplă, şi aceasta a fost începutul ştiinţei moderne a naturii.

Cîţiva ani mai tîrziu, Kepler a reuşit să descopere în rezultatele observaţiilor sale foarte atente asupra orbitelor planetelor noi forme matematice şi să formuleze cele trei legi renumite. Cît de aproape s-a simţit pe sine Kepler în această descoperire de vechile moduri de gîndire ale lui

Pitagora şi cît de mult l-a condus în formularea lui frumuseţea corelaţiilor reiese deja din aceea că el a comparat rotaţia planetelor în jurul Soarelui cu oscilaţiile unei coarde, vorbind de un sunet comun armonic al diferitelor planete, de armonia sferelor, şi că, în fine, la sfîrşitul operei sale asupra armoniei lumii el a exclamat entuziasmat : „Iţi mulţumesc, Dumnezeule creator, pentru că m-ai lăsat să contemplu frumuseţea în opera creaţiei tale". Kepler a fost profund impresionat de faptul că el a ajuns aici la un raport cu totul central, care nu a fost născocit de oameni şi care îi fusese lui rezervat spre a fi cunoscut, un raport de maximă frumuseţe. Cîteva decenii mai tîrziu, în Anglia, Isaac Newton a degajat complet acest raport şi l-a descris în detaliu în opera sa Philo- sophiae naturalis principia mathematica. Prin aceasta drumul ştiinţelor exacte ale naturii a fost trasat pentru aproape două secole.
Este vorba însă aici numai de cunoaştere sau şi de frumos ? Dacă este vorba şi despre frumos, ce rol a jucat el în descoperirea raporturilor ? Să ne reamintim încă o dată definiţia antică : „Frumuseţea este corespondenţa justă a părţilor între ele şi cu întregul". Faptul că acest criteriu corespunde în cea mai înaltă măsură unei construcţii cum este mecanica newtoniană nu mai are nevoie de nici o explicaţie. Părţile sînt aici procesele mecanice individuale ; acelea pe care noi le izolăm atent prin aparate, la fel ca şi acelea care se desfăşoară nemijlocit în faţa noastră în jocul divers al fenomenelor. Iar în-tregul este tocmai principiul formal unitar căruia i se supun toate aceste procese şi care a fost stabilit matematic de Newton într-un sistem simplu de axiome. Unitatea şi simplicitatea nu sînt tocmai identice. Faptul însă că într-o asemenea teorie multitudinii i se opune unul, că în ea multitudinea este unificată are totuşi drept consecinţă şi faptul că teoria este percepută de noi simultan ca simplă şi frumoasă. Semnificaţia frumosului pentru descoperirea adevărului a fost recunoscută şi evidenţiată în toate vremurile. Principiul latin „Simplex sigillum veri" („Simplul este sigiliul adevărului") se află înscris cu litere mari în amfiteatrul de fizică al Universităţii

Gottingen ca avertizare pentru acela care doreşte să descopere noul, iar celălalt principiu latin : „Pulchritudo splendor verita- tis" („Frumuseţea este strălucirea adevărului") ar putea fi şi astfel interpretat : cercetătorul recunoaşte adevărul mai întîi după această splendoare, această strălucire a sa.

De încă două ori în istoria ştiinţelor exacte ale naturii a fost această iluminare a marilor raporturi semnalul decisiv al unui progres important. Mă gîndesc aici la două evenimente din fizica secolului nostru : naşterea teoriei relativităţii şi naşterea teoriei cuantice. In ambele cazuri, sumedenia încâlcită de detalii a fost, după încercări de înţelegere zadarnice, care au durat ani de zile, aproape dintr-o dată ordonată atunci cînd a apărut un raport complet neintuitiv, totuşi în substanţa sa, în cele din urmă, simplu, care prin închiderea şi frumuseţea sa abstractă a convins direct — i-a convins pe toţi aceia care înţeleg şi pot să vorbească o asemenea limbă abstractă.

Nu dorim însă să urmărim acum mai departe mersul istoric, ci mai degrabă să ne întrebăm direct : ce străluceşte aici ? Cum se poate că în această strălucire a frumosului în ştiinţele exacte ale naturii se recunoaşe marele raport încă înainte de a fi înţeles in detalii, înainte de a putea fi argumentat raţional ? în ce constă puterea de iluminare şi ce produce ea în dezvoltarea ulterioară a ştiinţei ?

Ar trebui poate să ne amintim aici de un fenomen pe care l-am putea numi desfăşurarea structurilor abstracte. El poate fi explicat prin exemplul teoriei numerelor, despre car£ a fost vorba la început, dar procese asemănătoare se pot indica şi în evoluţia artei. Pentru întemeierea matematică a teoriei numerelor, a aritmeticii, sînt suficiente cîteva axiome simple, care de fapt nu fac altceva decît să definească exact ce înseamnă a număra. Prin acest mic număr de axiome este însă pusă întreaga multitudine de forme care au apărut în conştiinţa matematicienilor abia în decursul unei lungi istorii : teoria numerelor prime, a resturilor pătratice, a congruenţei numerelor ş.a. Se poate spune că structurile abstracte instituite odată cu

numărarea s-au desfăşurat în mod evident numai în istoria matematicii, că ele au dat naştere sumedeniei de propoziţii şi relaţii din care este constituită teoria numerelor. într-un mod asemănător, şi la începutul unui stil artistic, în arhitectură de exemplu, se află anumite forme de bază simple, de exemplu semicercul şi pătratul în arhitec-tura romanică. Din aceste forme de bază se nasc în decursul istoriei forme noi, mai complicate, chiar modificate, care ar putea fi concepute totuşi ca variaţii pe aceeaşi temă. Şi astfel din structurile de bază se desfăşoară o nouă moda-litate, un nou stil arhitectonic. Ai impresia că în aceste forme originare se pot vedea chiar de la început posibilităţile de desfăşurare ; altfel nu ne-am putea explica de ce mulţi artişti talentaţi se hotărăsc foarte repede să urmeze aceste noi posibilităţi.
O asemenea desfăşurare a structurilor de bază abstracte s-a petrecut, fără îndoială, şi în cazurile pe care le-am ales din istoria ştiinţelor exacte ale naturii. Această creştere, dezvoltarea unor ramuri mereu noi a durat în oazul mecanicii newtoniene pînă la mijlocul ultimului secol. In cazul teoriei relativităţii şi al teoriei cuantice am trăit ceva asemănător în acest secol, aici creşterea nefiind încă încheiată.
Acest proces care se desfăşoară atît în ştiinţă cît şi în artă are un important aspect social şi etic, căci la el pot participa activ mulţi oameni. Dacă în evul mediu trebuia să se construiască o catedrală, atunci la ea participau mulţi maiştri şi lucrători. Ei erau copleşiţi de reprezentarea frumuseţii care fusese concepută prin formele iniţiale, sarcina lor absolut obligatorie fiind aceea de a munci conştiincios şi exact în sensul acestor forme. Intr-un mod asemănător, în cele două secole de la descoperirea lui Newton, mulţi matematicieni, fizicieni şi tehnicieni aveau sarcina de a trata prin metodele newtoniene pro-bleme mecanice speciale, de a face experimente sau de a realiza aplicaţii tehnice, şi aici se pretindea întotdeauna o extremă grijă pentru a face totul în cadrul mecanicii newtoniene. Ne-ar fi permis poate să spunem că prin structurile subiacente în acest caz mecanica newtoniană a trasat linii

directoare sau chiar valori prin care se putea decide obiectiv dacă o problemă pusă a fost rezolvată foine sau rău. Tocmai prin faptul că aici au fost formulate exigenţe precise, că un cercetător individual putea să contribuie prin mici realizări la atingerea unui mare obiectiv, că asupra valorii contribuţiei lui se putea decide în mod obiectiv, se naşte satisfacţia pe care o provoacă unui cerc mare de oameni o asemenea evoluţie la care participă. De aceea nu trebuie subestimată nici semnificaţia etică a tehnicii pentru epoca noastră.

Din evoluţia ştiinţelor şi a tehnicii s-a născut, de exemplu, şi ideea avionului. Un tehnician care construieşte un aparat parţial oarecare pentru avion, muncitorul care-l produce ştiu că în munca lor trebuie să se supună unei preci-zii şi atenţii extreme, că însăşi viaţa multor oameni poate să depindă de conştiinciozitatea lor. Din aceasta se naşte mîndria unei munci bine făcute, şi el se bucură împreună cu noi de frumuseţea avionului atunci cînd simte că în el scopul tehnic s-a realizat cu mijloacele corespunzătoare, adecvate. Frumuseţea este, aşa cum am citat de cîteva ori definiţia antică, corespondenţa părţilor între ele şi cu întregul, iar această exigenţă va trebui satisfăcută şi în cazul unui avion bun.

Insă prin indicarea acestei desfăşurări a structurii de bază frumoase, cu valorile şi exigenţele etice care apar mai tîrziu în procesul istoric al desfăşurării, nu am răspuns încă la întrebarea pusă mai înainte : ce anume străluceşte în aceste structuri, după care strălucire se recunoaşte marele raport înainte ca el să fie înţeles raţional în detaliu ? Trebuie aici să includem apriori şi posibilitatea de a ne înşela în această recunoaştere iniţială. Faptul însă că această cunoaştere absolut directă, această înspăimîntare în faţa frumosului, cum se exprimă Platon în Fedru, există, nu cred că ar mai putea fi supus îndoielii.

în tot ce s-a afirmat asupra acestor probleme pare a exista o unitate asupra faptului că această cunoaştere nemijlocită nu se realizează prin gîndirea discursivă, raţională. Aş vrea să citez două exprimări, una a lui Johannes Kepler, de care a fost vorba mai sus, şi o alta a fizicianului atomist,

contemporan nouă, Wolfgang Pauli, din Zurich, care era prieten cu C.G. Jung. Primul text se află în Armonia cosmică şi sună astfel : ,,Acea facultate care percepe şi cunoaşte proporţiile nobile în datele sensibile şi în lucrurile exterioare trebuie să fie atribuită sferei inferioare a sufletului. Ea este foarte apropiată de acea facultate care oferă simţurilor schema formală sau este şi mai adîncă, învecinîndu-se cu însăşi facultatea vitală a sufletului, care nu gîn- deşte discursiv, adică prin raţionamente, cum fac filozofii, şi nu se serveşte de nici o metodă reflectată, de aceea ea nefiind proprie numai oamenilor, ci este inerentă şi animalelor sălbatice sau vitelor domestice... Ne putem întreba de unde provine acea facultate a sufletului care, deşi nu participă la gîndirea conceptuală şi de aceea nu poate avea nici o cunoaştere propriu- zisă a raporturilor armonice, trebuie să fie capabilă de o cunoaştere a dat-ului din lumea exterioară. Căci a cunoaşte înseamnă a compara ceea ce este perceptibil senzorial din afară cu imaginile originare imanente, judecîndu-i astfel corespondenţa. Proclus are pentru aceasta o foarte frumoasă exprimare, o comparaţie cu imaginea trezirii dintr-un somn. Aşa după cum lucrurile din lumea exterioară, date senzorial, ne reamintesc acele lucruri pe care le-am perceput mai înainte în vis, tot astfel relaţiile matematice date în sensibilitate ademenesc acele imagini originare inteligibile, care sînt deja dinainte interior date, astfel încît ele acum strălucesc şi în realitate, întruchipate în suflet, în timp ce mai înainte erau prezente în suflet doar difuz. Cum au ajuns atunci în interioritatea sufletului ? La aceasta — continuă Kepler — eu răspund : Toate ideile pure sau raporturile formelor originare ale armonicelor, aşa cum sînt cele discutate mai sus, sînt interioare acelora care sînt capabili să le înţeleagă. Dar ele nu au devenit interioare numai în urma unui procedeu conceptual, ci mai degrabă descind dintr-o intuiţie originară pură, oarecum instinctuală, şi sînt înnăscute acestui individ precum principiul formal al plantei, de exemplu numărul petalelor sau numărul cămăruţelor fructului, îi este înnăscut mărului".

Kepler ne indică aici posibilităţile imaginilor originare, care sînt date deja domeniului plantelor şi animalelor, care cauzează cunoaşterea formelor. In epoca contemporană, asemenea posibilităţi au fost schiţate în special de Portmann. El descrie anumite tonuri de culoare care sînt realizate de penele păsărilor şi care totuşi pot avea numai atunci un sens biologic dacă ele slnt perceptibile şi altor păsări din aceeaşi specie. Capacitatea percepţiei trebuie să fie astfel la fel de înnăscută ca şi tonul culorii. Ne putem gîndi aici şi la cîntecul păsărilor. Mai întîi, din punct de vedere biologic, este necesar doar un anumit semnal acustic care serveşte pentru căutarea partenerului şi care este înţeles de partener. Dar, în măsura în care funcţia biologică nemijlocită pierde din importanţa sa, se poate ajunge la o prelungire în joc a tezaurului de forme, la o desfăşurare a structurii melodice de bază, care face din cîntec ceva care poate să încînte şi o fiinţă atît de străină cum este omul. Capacitatea de a recunoaşte acest joc al formelor trebuie, de asemenea, să fie înnăscută speciei respective de păsări, ea nu are, evident, nevoie de o gîndire raţională discursivă. Omului îi este înnăscută probabil capacitatea, pentru a lua un alt exemplu, de a înţelege anumite forme de bază ale limbajului gesturilor şi de a decide, ghidîndu-se după ele, dacă celălalt are intenţii prietenoase sau duşmănoase — o capacitate de o mare însemnătate pentru viaţa în comun a oamenilor.
Idei asemănătoare cu cele întîlnite la Kepler au fost exprimate într-un studiu de către Wolf- gang Pauli. Acesta scrie : „Procesul înţelegerii naturii, ca şi fericirea pe care o simte omul atunci cînd înţelege, adică atunci cînd devine conştient de o nouă cunoaştere, par a se întemeia pe o potrivire, o întîlnire a imaginilor interioare preexistente ale psihicului uman cu obiectele externe şi cu comportarea acestora. Această înţelegere a cunoaşterii naturii, după cum se ştie, se originează în teoria lui Platon şi ea a fost împărtăşită şi de Kepler într-un mod foarte clar. Aceasta vorbeşte de fapt despre idei care sînt preexistente în spiritul divin şi pe care sufletul, alcătuit după chipul lui Dumnezeu, le are de la naştere. Aceste imagini originare,

pe care sufletul le-ar putea percepe cu ajutorul unui instinct înnăscut, sînt numite de Kepler arhetipice. Corespondenţa cu arhetipurile sau imaginile primare care funcţionează ca instincte ale reprezentării, pe care le-a introdus C.G. Jung în psihologia modernă, este foarte întinsă. Faptul că psihologia modernă a dovedit că orice înţelegere este un proces îndelungat, care este pregătit multă vreme, înainte de posibilitatea formulării raţionale a conţinutului conştiinţei, de procese ce se desfăşoară în inconştient, a atras atenţia din nou asupra nive-lului pre-conştient al cunoaşterii. La acest nivel, în locul unor concepte clare sînt prezente imagini cu un puternic conţinut emoţional, care nu sînt gîndite, ci doar intuite oarecum plastic. In măsura în care aceste imagini reprezintă o expresie a unei stări de lucruri presimţite, dar necunoscute încă, ele ar putea fi denumite şi simbolice — corespunzător definiţiei simbolului dată de C.G. Jung. Operatori şi modelatori care ordonează această lume a imaginilor sim-bolice, arhetipurile funcţionează tocmai ca acele punţi căutate între percepţiile senzoriale şi idei, ele constituind ca urmare presupoziţii necesare pentru naşterea unei teorii ştiinţifice a naturii. Totuşi trebuie să ne ferim să plasăm acest a priori al cunoaşterii în conştiinţă şi să-l raportăm la anumite idei, formulabile raţional".
Pauli arată, în cadrul cercetărilor lui ulterioare, că Kepler a fost convins de corectitudinea sistemului copernican în primul rînd nu din cauza observaţiilor astronomice individuale, ci din cauza corespondenţei imaginii copernicane cu un arhetip denumit de C.G. Jung mandala şi care a fost folosit şi de Kepler ca simbol al sfintei treimi. Dumnezeu ca mobil primar se află în centrul unei sfere, lumea în care acţionează fiul este comparată cu suprafaţa, iar duhului sfînt îi corespund razele care pleacă din punctul central spre suprafaţa sferei. Evident, această imagine originară, prin însăşi esenţa sa, nu poate fi descrisă sau chiar intuită raţional.
Dacă Kepler s-a convins astfel de corectitudinea sistemului copernican şi prin asemenea imagini originare, rămîne totuşi o condiţie ho- tărîtoare a oricărei teorii ştiinţifice

folositoare aceea de a se întemeia, în cele din urmă, pe verificarea empirică şi analiza raţională. în această privinţă, ştiinţele naturii se află într-o situaţie mai fericită decît artele, deoarece pentru ştiinţele naturii există un criteriu de valoare indispensabil şi riguros, căruia nu i se poate sus-trage nici o operă. Sistemul lui Copernic, legile lui Kepler şi mecanica lui Newton s-au confirmat prin interpretarea experienţelor, a rezultatelor observaţiilor şi prin tehnică într-o asemenea măsură şi cu o atît de extremă exactitate încît corectitudinea lor, după Principia lui Newton, nu mai poate fi pusă la îndoială. Avem de-a face aici totuşi cu o idealizare pe care Platon a considerat-o necesară, dar pe care Aristotel a criticat-o.
Acest fapt a apărut cu o claritate deplină numai cu aproximativ 50 de ani în urmă, cînd s-a recunoscut, pe baza experienţelor din fizica atomică, că sistemul conceptual newtonian nu mai este suficient pentru a se aborda fenomenele mecanice din interiorul atomului. De la descoperirea de către Planck a cuantei de acţiune în 1900 s-a născut în fizică o stare de dezordine. Vechile reguli după care se descrisese cu succes natura timp de peste două secole nu mai voiau să se acorde noilor experienţe. Chiar şi această experienţă în sine era contradictorie, o ipoteză care se confirma într-un experiment era infirmată de un altul. Frumuseţea şi unitatea vechii fizici păreau distruse, fără să se fi putut obţine din încercările adesea divergente o idee reală asupra raporturilor noi, de altă natură. Nu ştim dacă ni se permite compararea stării din fizică în acei 25 de ani de după descoperirea lui Planck, pe care am trăit-o ca tînăr student, cu stările din arta contemporană. Trebuie să mărturisesc însă să această comparare mi s-a impus mereu. Perplexitatea în faţa întrebării ce trebuie făcut cu fenomenele atît de derutante, durerea după corelaţiile pierdute, care păreau totuşi mereu atît de convingătoare, toată această stare de nemulţumire a marcat în mod hotărîtor în acelaşi fel configuraţia acestor domenii şi epoci atît de diferite. Este aici însă vorba de un stadiu intermediar necesar, care nu poate fi sărit şi care pregăteşte evoluţia viitoare. Căci, aşa cum spunea Pauli,

orice înţelegere este un proces lent, care este pregătit multă vreme înainte de posibilitatea de formulare raţională a conţinuturilor conştiinţei prin procese inconştiente. Arhetipurile funcţionează ca acele punţi căutate între percepţiile sensibile şi idei.
In momentul în care apar însă ideile autentice, se desfăşoară în sufletul aceluia care le vede un proces indescriptibil, de cea mai înaltă intensitate. Este acea înspăimîntare, acea uimire de care vorbeşte Platon în Fedru, cu care sufletul parcă îşi reaminteşte de ceva, pe care-l stăpînise totuşi, inconştient, dintotdeauna. Kepler spune : „Geometria este archetypus pulchritudinis mundi", „matematica", astfel âm putea noi traduce generalizînd, „este imaginea originară a frumuseţii lumii". In fizica atomică s-a desfăşurat acest proces cu mai puţin de 50 de ani în urmă şi el a adus ştiinţele exacte din nou în starea unei unităţi — care fusese pierdută pentru un sfert de secol — pe baza unor presupoziţii cu totul noi. Nu văd nici un temei pentru care ceva asemănător nu s-ar putea petrece într-o zi şi în artă. Trebuie însă să adăugăm prevenitor : aşa ceva nu se poate face, el trebuie să se producă de la sine.
Stimaţi auditori, v-am schiţat aceste aspecte ale ştiinţelor exacte ale naturii deoarece prin ele devine cel mai clar înrudirea lor cu artele şi deoarece astfel se poate înlătura neînţelegerea după care în ştiinţă şi tehnică am avea de-a face doar cu observaţia exactă şi cu gîn- direa raţională, discursivă. Desigur, această gîndire raţională şi măsurarea atentă sînt instrumente ale muncii cercetătorului naturii, după cum ciocanul şi dalta sînt instrumentele muncii sculptorului. Ele reprezintă însă în ambele cazuri doar instrumente, nu conţinutul însuşi al muncii.
Poate ar trebui să reamintesc la sfîrşit încă o dată cea de-a doua definiţie a conceptului „frumosului", care provine de la Platon şi în care nu se mai vorbeşte despre parte şi întreg : „Frumuseţea este străbaterea fenomenelor materiale de către strălucirea divină a «Unului»". Există mari epoci ale artei cărora această definiţie le corespunde mai bine decît aceea citată mai înainte ; şi adesea regretăm

asemenea epoci. în epoca noastră este însă greu să vorbim despre acest aspect al frumuseţii. Şi este poate o bună regulă să ne acomodăm moravurilor timpului în care . trebuie să trăim, iar despre ceea ce este greu de spus să tăcem. în realitate, cele două definiţii nici nu sînt prea depărtate una de alta. Să ne mulţumim însă cu prima definiţie, mai prozaică, a frumuseţii, care este întruchipată în mod sigur şi în ştiinţele naturii, şi să constatăm că această frumuseţe este atît în ştiinţele exacte ale naturii cît şi în arte cel mai important izvor al strălucirii şi clarităţii.

ESTE FIZICA O ŞTIINŢA ÎNCHEIATA ?

In raport cu fizica particulelor elementare, aflată astăzi în centrul interesului fizicienilor, a fost uneori formulată întrebarea dacă nu cumva atunci cînd vor fi rezolvate problemele puse aici nu se va ajunge la o încheiere a fizicii în întregul ei. Căci, s-ar putea astfel argumenta, orice materie şi orice radiaţie constau din particule elementare ; de aceea ar trebui ca prin cunoaşterea completă a legilor care determină proprietăţile şi comportarea lor, în forma, de exemplu, a unei „formule a Universului", să se stabilească în mod fundamental şi cadrul pentru orice proces fizic. Chiar dacă ar mai fi po-sibile noi dezvoltări extensive în fizica aplicată şi în tehnică, totuşi problemele principale ar fi deja lămurite, cercetarea fundamentală în fizică ar fi încheiată.

Acestei teze a perfecţiunii fizicii i se opun experienţele epocilor anterioare, în care s-a gîndit, de asemenea neîntemeiat, la o viitoare încheiere a fizicii. Max Planck povestea că profesorul său, Jolly, l-a sfătuit să nu se dedice studiului fizicii deoarece fizica ar fi în esenţă deja încheiată, astfel încît pentru cel care ar dori să lucreze activ în cercetarea naturii nu mai renta să se angajeze în acest domeniu. Prognoze la fel de false nu mai vrea să ofere nimeni astăzi, şi va trebui să ne întrebăm, de aceea, dacă nu există In general în istoria de pînă acum a fizicii domenii parţiale in oare s-a ajuns la o formulare definitivă a legilor naturii, despre care putem crede că chiar peste mii sau milioane de ani sau pe un sistem planetar oricît de

îndepărtat fenomenele se vor petrece după exact aceleaşi legi formulabile matematic.
Asemenea domenii închise există în mod neîndoielnic. Pentru a evidenţia un exemplu foarte special, legile pîrghiilor au fost formulate de către Arhimede cu peste 2 000 de ani ; nu ne putem îndoi că ele îşi vor păstra oricînd şi oriunde valabilitatea. Dacă, de exemplu, călătorii pe Lună folosesc în munca lor de acolo pîrghii, atunci ei presupun în mod evident ca fiind corecte legile arhimedice ale pîrghiei, întemein- du-şi pe ele succesul. Acelaşi lucru pare a fi valabil şi cu întreaga mecanică newtoniană. Călătorii pe Lună se încred fără obiecţii în enunţurile acesteia şi acţionează conform lor. Aici s-ar putea ridica însă o obiecţie : nu s-a perfecţionat mecanica newtoniană prin teoria relativităţii şi teoria cuantică ? Nu trebuie să ia în seamă călătorii de pe Lună, în cazul , cărora este vorba de o înaltă exactitate, aceste perfecţionări ? Şi dacă se întîmplă astfel nu demonstrează aceasta că nici mecanica nu este încă în fond o teorie încheiată ?
Pentru a afla un răspuns la această întrebare, va trebui să se constate mai întîi că în cazul marilor formulări cuprinzătoare ale legilor naturii, cum au fost posibile acestea pentru prima oară în mecanica newtoniană, avem de-a face cu idealizări ale realităţii, nu cu realitatea însăşi. Idealizarea se realizează prin aceea că noi abordăm realitatea cu anumite concepte, care s-au confirmat în descrierea fenomenelor şi cu care îi dăm o anumită înfăţişare naturii ; de exemplu, în mecanică, cu ajutorul unor noţiuni cum ar fi poziţia, timpul, viteza, masa, forţa. Prin aceasta noi limităm imaginea naturii — sau, dacă vreţi, o stilizăm — întrucit in acelaşi timp noi renunţăm la toate acele trăsături ale fenomenelor oare nu mai pot fi cuprinse în aceste concepte. Dacă avem conştiinţa acestor limitări, atunci putem afirma că mecanica este. prin teoria newtoniană, închisă, iar prin aceasta înţelegem că fenomenele mecanice, dacă pot fi, în general, descrise cu ajutorul conceptelor fizicii newtoniene, atunci ele se comportă strict după legile acestei fizici. Sîntem convinşi, cum am spus, că aceste enunţuri vor corespunde şi după

milioane de ani şi pe cele mai îndepărtate sisteme solare şi credem că în cadrul conceptelor ei fizica newtoniană nu mai este capabilă de nici o îmbunătăţire. Nu putem însă în nici un caz să afirmăm că toate fenomenele ar putea fi descrise cu aceste concepte.

Sub rezerva de mai sus se poate spune, de asemenea, că mecanica newtoniană este o teorie închisă. O asemenea teorie „închisă" este carac-terizată printr-un sistem de definiţii şi axiome prin care se determină conceptele fundamentale şi raporturile acestora ; după aceea prin exigenţa existenţei unui domeniu larg de experienţe, de fenomene observabile, care pot fi descrise prin acest sistem cu o mare exactitate. Teoria este atunci idealizarea valabilă pentru toate timpurile a acestui domeniu al experienţei.

Există însă alte domenii ale experienţei, şi astfel şi alte teorii închise. în secolul al XlX-lea a luat o formă definitivă, în special, termodinamica — o teorie statistică asupra sistemelor cu foarte multe grade de libertate. Axiomele de bază ale acestei teorii definesc şi corelează concepte cum sînt temperatură, entropie, energie, în care primele două, temperatura şi entropia, nu apar deloc în cadrul mecanicii newtoniene, pe cînd ultimul, energia, joacă un rol important în orice domeniu al experienţei, nu doar în mecanică. Şi termodinamica statistică poate fi considerată, de la lucrările lui Gibbs, o teorie definitivă şi închisă, şi nu ne putem îndoi de faptul că legile ei sînt valabile peste tot şi cu mare exactitate — desigur, numai pentru fenomene pe care le putem aborda cu concepte cum sînt temperatura, entropia, energia. Şi această teorie este o idealizare ; noi ştim că există multe stări — de exemplu, starea gazoasă a materiei — în care nu se vorbeşte despre temperatură; deci nici legile acestei termodinamici nu sînt aplicabile.

Din cele spuse mai sus este clar că în fizică există teorii închise, care pot fi considerate idealizări, pentru domenii limitate ale experienţei, şi care pretind o valabilitate pentru toate timpurile. Dar prin aceasta nu poate fi în nici un caz vorba de o încheiere a fizicii.

In ultimii 200 de ani au fost deschise experimental domenii cu totul noi ale experienţei. Fenomenele electromagnetice au fost studiate, în- cepînd cu lucrările lui Galvani şi Volta, din ce în ce mai precis, prin Faraday au fost stabilite relaţiile lor cu chimia, iar prin Hertz cu optica. Faptele de bază ale fizicii atomice au fost deduse mai întîi din experienţele chimice, fiind apoi cercetate în toate detaliile prin experimente asupra electrolizei, a proceselor descărcărilor electrice în gaze şi apoi prin experimentele asupra radioactivităţii. Pentru înţelegerea acestei uriaşe lumi noi nu mai erau suficiente teoriile închise ale epocilor anterioare. Astfel s-au format teorii noi, mai cuprinzătoare, care ar putea reprezenta idealizări valide ale acestor noi domenii ale experienţei. Teoria relativităţii s-a născut din electrodinamica corpurilor în mişcare şi a condus la noi reprezentări asupra structurii spaţiului şi timpului. Teoria cuantică dă seama de procesele mecanicii din interiorul atomului, ea cuprinde însă şi mecanica newtoniană ca un caz-limită, în care se obiectivează complet procesele şi se face abstracţie de interacţiunea dintre obiectul de cercetat şi observator.

Teoria relativităţii poate fi considerată, ca şi teoria cuantică, o teorie închisă, o idealizare foarte cuprinzătoare a unor domenii foarte mari ale experienţei, despre ale cărei legi trebuie să admitem că sînt valabile peste tot şi pentru toate timpurile, însă, din nou, numai pentru acele domenii ale experienţei care pot fi abordate cu ajutorul acestor concepte.

In fine, în ultimul deceniu, s-a deschis experimental calea fizicii particulelor elementare, prin cercetări asupra radiaţiilor cosmice, şi înainte de toate cu ajutorul marilor acceleratoare (ca cele din Berkeley, Geneva, Brookhaven, Serpuhov). Prin aceasta au apărut trăsături ale fenomenelor de un gen nou, care permit formularea vechii probleme a celor mai mici părţi ale materiei într-o nouă lumină. In evoluţia anterioară a fizicii s-a evidenţiat mereu că obiectele pe care le consideram cele mai mici părţi ale materiei puteau fi divizate în obiecte şi mai mici prin aplicarea unor forţe mai mari. Atomul chimiştilor nu a mai

putut fi divizat cu mijloace chimice. In tuburi de descărcare, deci sub influenţa unor puternice forţe electrice, s-a putut realiza divizarea atomului în nucleul atomic şi electronii care se rotesc în jurul nucleului. Prin ciocnirea unor nuclee de atomi cu energii mari, s-au putut dirija şi aceste nuclee atomice, recunoscîndu-se că orice nucleu atomic este constituit din două cărămizi elementare de construcţie, care au fost denumite, ca şi electronii, particule elementare. Astfel era uşor de presupus că şi protonii şi neutronii ar putea fi divizaţi mai departe dacă sînt folosite forţe şi mai mari, dacă, de exemplu, ei sînt aduşi să se ciocnească cu energii extraordinar de înalte. Tocmai aceasta s-a cercetat în marile acceleratoare, dar s-a constatat că în asemenea ciocniri se produce ceva diferit. Marea energie de mişcare a particulelor elementare care se ciocnesc se transformă în materie, adică prin ciocnire se nasc noi particule elementare, care însă nu pot fi mai mici decît particulele pe care le-am lăsat să se ciocnească. De „parte" nu mai poate fi vorba în acest caz. Prin particulele elementare pe care le cunoaştem şi prin marile acceleratoare cu care experimentăm astăzi asupra acestor particule elementare am ajuns la limita la care conceptul de parte îşi pierde sensul şi de aceea am putea presupune, în cunoştinţă de cauză, că particulele elementare cunoscute azi sînt realmente cele mai mici părţi ale materiei, în măsura în care acest concept poate avea sens. Acest nou domeniu al experienţei, fizica particulelor elementare, nu a putut fi reprezentat cu ajutorul teoriilor închise dezvoltate anterior, teoria cuantică şi teoria relativităţii, deşi în cazul acestor teorii era vorba deja de idealizări foarte cuprinzătoare. Teoria cuantică presupunea mai întotdeauna, ca şi vechea mecanică newtoniană, existenţa unor mase punctuale neschimbătoare ; de o transformare a energiei în materie nu era deloc vorba acolo. Teoria relativităţii, invers, neglijează caracteristicile naturii care depind de cuanta de acţiune a lui Planck, ea presupune deci mereu posibilitatea obiectivării fenomenelor în sensul fizicii clasice. Pentru fizica particulelor elementare a trebuit deci să se caute o nouă

idealizare, mai cuprinzătoare, care să conţină drept cazuri-limită atît teoria relativităţii cît şi mecanica cuantică şi care să facă inteligibil spectrul complicat al particulelor elementare într-un mod asemănător cu acela în care a putut realiza acest lucru teoria cuantică cu spectrul optic complicat al atomului de fier. Nu ne putem îndoi că această idealizare va fi reprezentată într-o zi în limbaj matematic, dar dacă este suficientă forma propusă pînă acum pentru această reprezentare matematică aceasta se va stabili numai prin noi experienţe şi cercetări teoretice.
Independent de această ultimă problemă, care nu trebuie să fie discutată aici, ne putem însă întreba dacă odată cu această idealizare fizica nu ar fi cumva desăvârşită. Intrucît toate obiectele fizice constau din particule elementare, s-ar putea conchide că această cunoaştere completă a legilor care determină comportarea particulelor ele-mentare este echivalentă cu cunoaşterea completă a legilor comportării tuturor obiectelor fizice, şi în această măsură s-ar putea vorbi de o încheiere a fizicii.
O asemenea manieră de raţicmare ar fi însă nepermisă, deoarece ea nu consideră suficient un punct important. Chiar şi o teorie închisă a particulelor elementare — pe care vrem sau nu s-o denumim „o formulă a Universului" — va trebui înţeleasă ca o idealizare. Ea reprezintă un domeniu extrem de întins de fenomene, dar există încă alte fenomene care nu ar putea fi cuprinse cu ajutorul conceptelor acestei idealizări. Dovada de moment pentru această posibilitate este biologia. Căci toate obiectele biologice constau din particule elementare ; concepte cu care se pot descrie aceste procese biologice, de exemplu, însuşi conceptul de viaţă, nu apar în această idealizare ; de aceea vor trebui să existe evoluţii noi ale fizicii în această direcţie. S-ar putea aici obiecta că atunci nu via mai fi vorba de fizică, ci de biologie, deci astfel fizica ar fi totuşi închisă. Graniţele dintre fizică şi ştiinţele învecinate sînt însă atît de mobile că prin asemenea distincţii nu se obţine prea mult. De aceea, majoritatea fizicienilor sînt de acord că tocmai din cauza graniţelor indefinite faţă de domeniile învecinate nu se poate vorbi de o încheiere a fizicii.

Cîţiva fizicieni contestă chiar şi ideea că ne-am putea aştepta în viitorul previzibil la o încheiere a domeniului mai îngust al fizicii particulelor elementare. Se indică faptul că prin construirea unor acceleratoare din ce în ce mai mari particulele elementare se vor ciocni cu energii mereu mai înalte, şi astfel s-ar putea deschide o lume nouă, acum încă necunoscută. Această părere se întemeiază însă pe supoziţia neacoperită nici experimental, nici teoretic că prin măririle ulterioare ale energiei ar trebui să se producă fenomene calitativ noi. In razele cosmice, care din punctul de vedere al energiei particulelor elementare care se ciocnesc sînt de mii de ori superioare acceleratoarelor actuale, nu au fost găsite nici un fel de asemenea fenomene cantitativ noi. Nici particulele „quark" admise ipotetic de mulţi teoreticieni nu au fost descoperite. Nu există astfel temeiuri nici experimentale, nici teoretice pentru o lume nouă necunoscută, însă existenţa ei nu trebuie exclusă. Atîta vreme cît nu au apărut asemenea noi domenii ale experienţei, va trebui să ne gîndim în cazul întrebării privind încheierea fizicii la graniţele mobile faţă de domeniile vecine şi la sisteme conceptuale de un gen nou, care se vor aplica în aceste domenii învecinate. Aici nu este vorba numai de ştiinţele naturii. Acestor domenii învecinate le aparţin şi matematica, teoria informaţiei şi filozofia, şi în viitor va fi de multe ori greu să se decidă dacă în cazul unei înaintări a ştiinţei va fi vorba despre un progres al fizicii sau al teoriei informaţiei, sau al filozofiei, dacă fizica se extinde în biologie sau dacă biologia se serveşte într-o măsură mereu mai mare de metode şi formulări de probleme fizice. Despre o încheiere a fizicii s-ar putea vorbi astfel numai atunci cînd se definesc în mod abuziv anumite metode şi scheme conceptuale ca fizice, iar alte formulări de probleme sînt repartizate altor ştiinţe. Aceasta însă nu se va întîmpla ; căci trăsătura distinctivă a evoluţiei viitoare va fi tocmai unificarea ştiinţei, depăşirea graniţelor istorice dintre diferitele discipline speciale.

CUPRINS

Permanenţe tematice în gîndirea filozofică a lui Werner Heisenberg, de Ilie Pârvu V

Prefaţă de W. Heisenberg 1
I. Personalităţi
Opera ştiinţifică a lui Albert Einstein ... 5 Descoperirea lui Planck şi problemele filozofice fundamentale ale teoriei atomului . . 13
Concepţia filozofică a lui Wolfgang Pauli 37
Amintiri despre Niels Bohr din anii 1922—1927 . 47
II. Fizica — dincolo de domeniul ei
Ştiinţa ca mijloc de înţelegere între popoare . 69 Conceptul de „teorie închisă" în ştiinţa modernă a naturii 83
Discurs la a 100-a aniversare a gimnaziului Max din Miinchen, 13.7.1949 91
Imaginea naturii în fizica contemporană 100
Cercetarea atomului şi legea cauzalităţii . . 127 Discurs festiv la a 800-a aniversare a oraşului Miinchen (1958) 141
Limbaj şi realitate în fizica modernă ... 160 Ştiinţele naturii şi tehnica în evenimentele politice ale epocii noastre 133
Abstracţia în ştiinţele moderne ale naturii . 188 Sarcini şi probleme actuale în promovarea cercetării ştiinţifice în Germania . 209 Legea naturii şi structura materiei . 226
Imaginea naturii la Goethe şi lumea tehnicii şi ştiinţei 247
Tendinţa spre abstracţie în artele şi ştiinţele moderne 269
Transformări ale structurilor de gîndire în progresul ştiinţei 282
Semnificaţia frumosului în ştiinţele exacte ale naturii 295
Este fizica o ştiinţă încheiată ? 314
COLECŢIA
IDEI CONTEMPORANE
IN PREGĂTIRE
C. L6vi-Strauss ANTROPOLOGIA STRUCTURALA
* * *

PROBLEMELE PÂCII ŞI ALE RĂZBOIULUI IN CONDIŢIILE REVOLUŢIEI ŞTIINŢIFICE ŞI TEHNICE. NECESITATEA ISTORICA A DEZARMARII
A. Toynbee ORAŞELE ÎN MIŞCARE
E. Schrodinger CE ESTE VIAŢA? SPIRIT ŞI MATERIE
RESTRUCTURAREA ORDINII INTERNAŢIONALE (raport către Clubul de la Roma)
Barry Commoner CERCUL CARE SE ÎNCHIDE
G. Prestipino NATURA ŞI SOCIETATEA
M. Maliţa STÂPÎNIREA COMPLEXITĂŢII
G. B. Kuzmeţov RAŢIUNE ŞI FIINŢARE
N. Georgescu-Roegen LEGEA ENTROPT7J ŞI PROCESUL ECONOMIC
Redactor : SERGIU SARARU Tehnoredactor : FLORIAN SAPUNARESCU
Coli editură 16,43. Coli tipar 15 Bun de tipar 22 februarie 1977 Apărut — aprilie 1977
K
Comanda nr. 8561/60 545 Combinatul poligrafic ,,Casa Scînteii", Piaţa Scînteii nr. 1, Bucureşti, Republicat Socialistă România
ÎN COLECŢIA «IDEI CONTEMPORANE» AU APĂRUT:
* * * Ştiinţă şi sinteză — Colocviu UNESCO R. Garaudy: Marxismul secolului XX
G. N. Volkov: Sociologia ştiinţei
L. Althusser: Citindu-l pe Marx
V. Roman: Revoluţia ştiinţifică şi tehnică. Eseuri
R. Richta şi colectiv: Civilizaţia la răscruce
M. Dufrenne: Pentru om
L. Goldmann: Sociologia literaturii
P. V. Kopnin: Bazele logice ale ştiinţei
I. Nikolov: Cibernetica şi economia
N. Wiener: Sînt matematician
N. N. Constant ine seu: Problema contradicţiei în economia socialistă
I. Hermann: Kitsch-ul, fenomen al pseudoartei
A. Pelletier, J. J. Goblot: Materialismul istoric şi istoria civilizaţiilor
A. Toffler: Şocul viitorului

R. Florian: Reflecţii asupra filozofiei marxiste
* * * Mutaţii contemporane în ştiinţă şi tehnică şi implicaţiile lor
* * * Ştiinţă, filozofie, ideologie
M. Drăgănescu: Muncă şi economie
* * * Revoluţia ştiinţifică-tehnică şi progresul L. Seve: Marxismul şi teoria personalităţii
G. Lukacs: Ontologia existenţei sociale
* * * Revoluţia socialistă şi revoluţia ştiinţifică-tehnică
M. McLuhan: Galaxia Gutenberg
M Mesarovic, E. Pestei: Omenirea la răspîntie C. Wright Mills: Imaginaţia sociologică T. Kotarbinski: Tratat despre lucrul bine făcut
* * * Revoluţia ştiinţifică-tehnică şi modernizarea forţelor de producţie
M. Drăgănescu: Sistem şi civilizaţie C. I. Gulian: Marxism şi structuralism E. Bonnefous: Omul sau natura? N.N. Constantinescu: Economia protecţiei mediului natural
I.T. Frolov: Progresul ştiinţei şi viitorul omului
H. Marcuse: Scrieri filozofice N.P. Dubinin: Mişcarea eternă
Lei 10
EDITURA POLITICĂ
* Referirile la volumul de faţă sînt notate prin indicarea între paranteze a paginii.
6 W. Heisenberg, Physique ei philosophie, A. Michel, Paris, 1971, p. 51.
17 W. Heisenberg, Op. cit., p. 165.
18 Ibidem, p. 188.
23 W. Heisenberg, Der Teii und das Ganze, Munchen, DTV, 1973, p. 149.
85 K. Popper, Epistemologie fără subiect cunoscător, în Epistemologie. Orientări contemporane, Editura politică, Bucureşti, 1974.
87 A. Einstein, Lettres ă Maurice Solovine, Paris, 1956, p. 103.
38 W. Heisenberg, Der Teii und das Ganze, p. 104.
* Conferinţă ţinută în cadrul sesiunii ordinului „Pour le merite" în ştiinţe şi arte, Bonn, 1960 ; iniţial apărută în

Reden und Gedenkworte, Band 4, Heidelberg, Verlag Lambert Schneider, 1962, p. 141— 164.